Académie des sciences (France). Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences. 1962.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

GAUTHIER-VILLARS & C[ie],

ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES

Paris. — Quai des Grands-Augustins 55.

162020-62

Imprimé en France.

COMPTES RENDUS

HEBDOMADAIRES

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES,

PUBLIÉS,

CONFORMÉMENT À UNE DÉCISION DE L'ACADÉMIE

EN DATE DU 13 JUILLET 1835,

PAR MM. LES SECRÉTAIRES PERPÉTUELS,

AVEC LE CONCOURS

DU CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE.

TOME DEUX CENT CINQUANTE-CINQUIÈME.

TROISIÈME PARTIE : NOVEMBRE-DÉCEMBRE 1962.

TABLES SEMESTRIELLES

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS & Cie, ÉDITEUR-IMPRIMEUR-LIBRAIRE

Quai des Grands-Augustins, 55.

1962

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 NOVEMBRE 1962.

PRÉSIDENCE DE M. ARNAUD DENJOY.

CORRESPONDANCE.

M. **René de Possel** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Mécanique, par la mort de M. *Joseph Pérès*.

A la demande de l'auteur, le pli cacheté accepté en la séance du 20 février 1961 et enregistré sous le n° 14.185, est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de Mécanique.

L'Académie est invitée à se faire représenter aux Cérémonies qui auront lieu à Stockholm, les 27 et 28 février 1963, à l'occasion du cent-cinquantième anniversaire de la fondation de l'**Académie royale d'Agriculture et de Sylviculture de Suède**.

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

Les Ouvrages suivants sont adressés en hommage à l'Académie :

par M. **Ernst Gäumann**, 4 fascicules : 1° *Abwehrreaktionen der Pflanzen gegen ihre Krankheitserreger;* 2° *Zur phytotoxischen Wirksamkeit der Enniatine*, en collaboration avec Stephi Naef-Roth et Heinz Kern; 3° *Zur Bildung eines mazerierenden Fermentes durch* Dothidea ribesia *Fr.*, en collaboration avec Stephi Naef-Roth et P. Albersheim; 4° *Über die Wurzelpilze von* Loroglossum hircinum *(L.) Rich.*, en collaboration avec E. Müller, J. Nüesch et R. H. Rimpau,

par M. **Jules Rouch**, un Mémoire, en langues française et anglaise, intitulé : *La découverte de la baie Marguerite (Antarctique)*.

L'Ouvrage suivant est présenté par M. **Jean Piveteau** :

Georges Olivier. *Formation du squelette des membres chez l'Homme.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Acides aliphatiques substitués à activité hypocholestérolémiante*, par Étienne Szarvasi et Liliane Neuvy (Développement d'une Note parue dans les *Comptes rendus*, t. 254, 1962, p. 2011).

2° Institut des Parcs nationaux du Congo et du Rwanda. *Exploration du Parc national de l'Upemba. Mission G. F. De Witte en collaboration avec W. Adam, A. Janssens, L. Van Meel et R. Verheyen* (1946-1949). Fascicule 44.

3° Institut des Parcs nationaux du Congo et du Ruanda-Urundi, puis du Rwanda. *Exploration du Parc national de la Garamba. Mission H. De Saeger en collaboration avec P. Baert, G. Demoulin, I. Denisoff, I. Martin, M. Micha, A. Noirfalise, P. Schœmaker, G. Troupin et J. Verschuren* (1949-1952). Fascicules 26, 27, 28, 29.

4° Fédération internationale de laiterie. Bulletin annuel. Partie II. *Valeur nutritive du lait et des produits laitiers.* Rapport général sur les Journées d'étude de la F. I. L. à Båstad (Suède), 4-6 septembre 1961.

5° Asociacion argentina de astronomia. *Boletin* n° 1. Correspondiente al año 1958.

COMMISSIONS.

Par l'unanimité des suffrages, M. **Jean Wyart** est élu Membre de la Commission des Bibliothèques et Archives de l'Institut de France, en remplacement de M. *Gabriel Bertrand*, décédé, et M. **Emmanuel Fauré-Fremiet** est élu Membre de la Commission des Beaux-Arts de l'Institut de France, en remplacement de M. *Armand de Gramont*, décédé.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Descente maximale provoquée dans une chambre d'équilibre par une manœuvre isolée.* Note (*) de MM. **Léopold Escande, Jean Claria** et **Henri Godines.**

Détermination de la descente maximale provoquée dans une chambre d'équilibre ordinaire ou à étranglement à la suite d'une manœuvre unique de fermeture ou d'ouverture.

1. Il est toujours nécessaire de prévoir l'éventualité d'un déclenchement total intervenant lorsque la centrale hydroélectrique, fonctionnant à pleine puissance, absorbe le débit maximal Q_0. Compte tenu des valeurs de la durée d'action du régulateur, toujours très brève vis-à-vis de la période du système canal d'amenée-chambre d'équilibre, on tient compte de cet élément en calculant l'ouvrage pour une fermeture complète instantanée du débit maximal Q_0 : cette manœuvre conduit à une montée du plan d'eau jusqu'à une cote z_m suivie d'une descente jusqu'à la cote z_{df}, l'amortissement des oscillations étant d'autant plus fort que la perte de charge p_0 dans le canal d'amenée est plus élevée ainsi que la perte de charge r_0 dans l'étranglement, si la cheminée comporte un tel dispositif. Toutes les notations correspondent aux grandeurs relatives.

Au contraire, si l'on considère les prises de charge de la centrale, hormis certaines usines fonctionnant en régulateur de fréquence dans des conditions tout à fait exceptionnelles, on peut facilement concevoir sans aucune gêne pour l'exploitation, une limitation de l'amplitude des manœuvres.

C'est pourquoi les cahiers des charges prévoient généralement que la chambre d'équilibre doit être établie en considérant comme plus forte prise de charge celle qui correspond à une ouverture instantanée faisant passer le débit des turbines de kQ_0 à Q_0, le coefficient k étant plus petit que 1 et, le plus souvent, compris entre 0,30 et 0,70 : cette manœuvre entraîne une descente du plan d'eau jusqu'à la cote z_{d1}.

Lorsque le coefficient k est assez élevé, c'est-à-dire lorsque l'amplitude de l'ouverture partielle est assez faible, la descente du plan d'eau consécutive à la manœuvre de fermeture de Q_0 à zéro peut devenir supérieure à celle que provoque l'ouverture partielle de kQ_0 à Q_0, la valeur absolue de z_{df} étant plus grande que celle de z_{d1}, et la chambre d'équilibre doit être établie en conséquence.

2. Nous avons étudié tout d'abord le cas d'une chambre d'équilibre ordinaire, à section constante, sans étranglement.

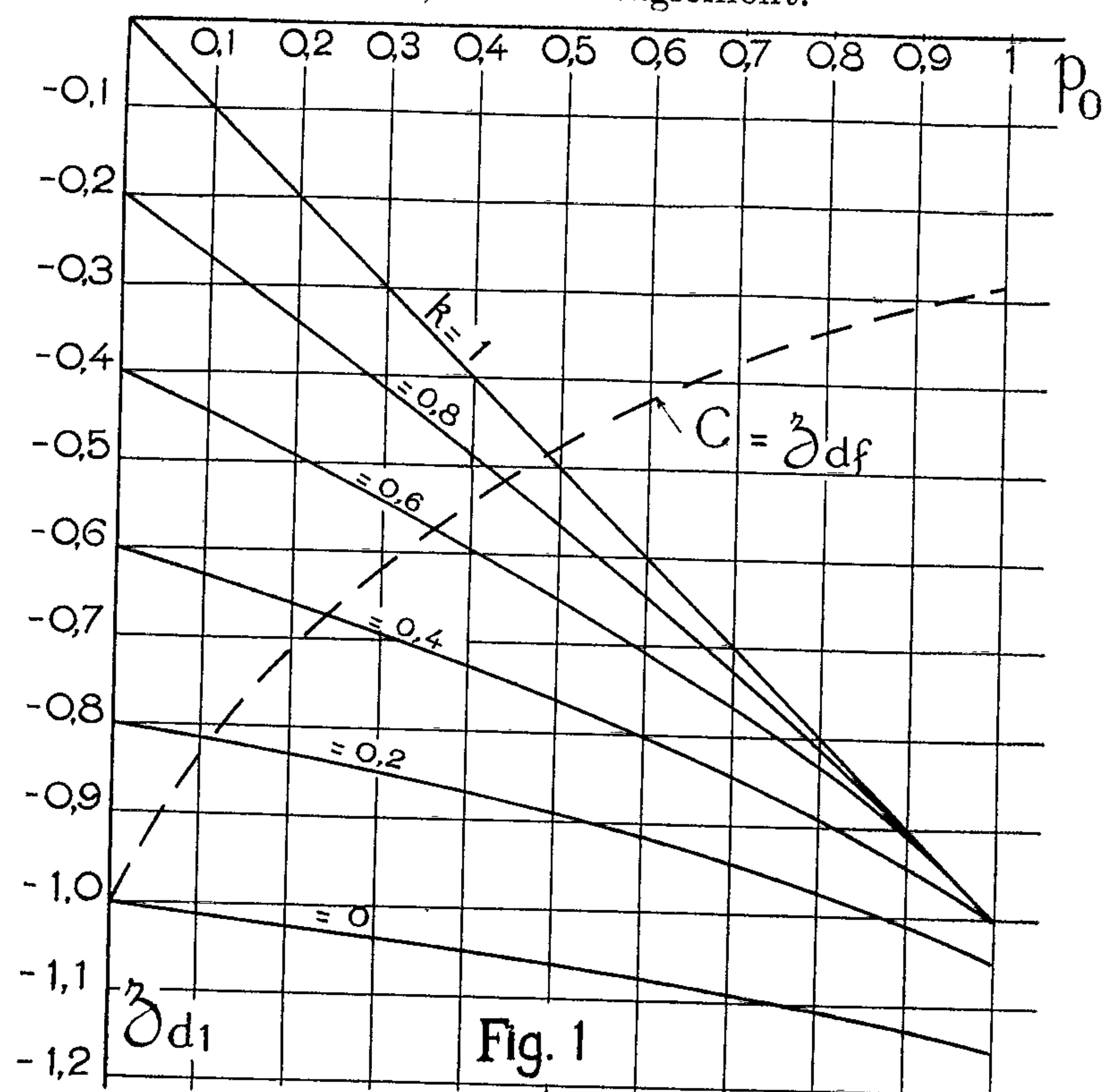


Fig. 1

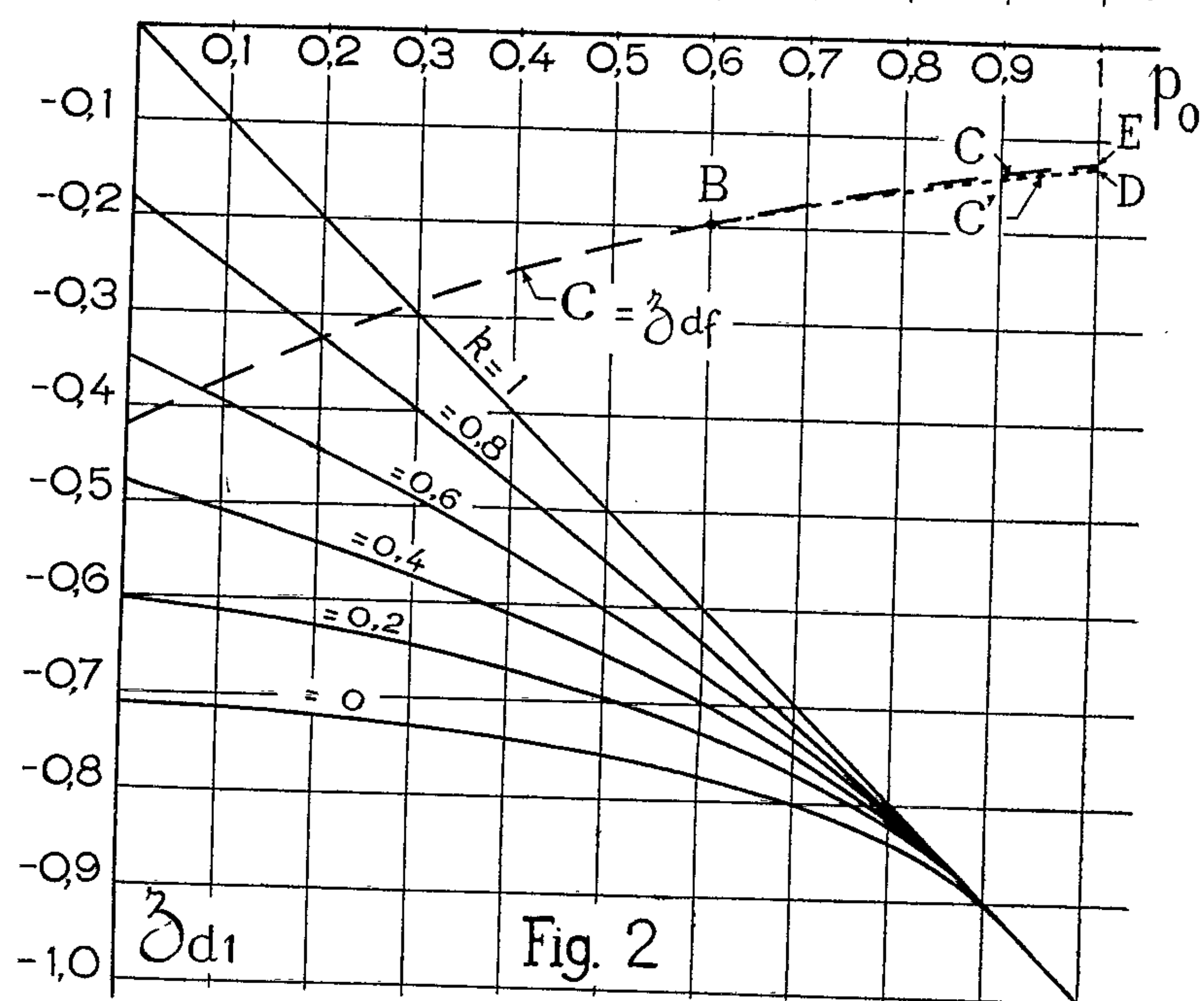


Fig. 2

L'abaque de la figure 1 donne, en fonction de p_0, les valeurs de z_{d1} correspondant à une série de valeurs de k allant de $k = 0$ à $k = 1$ par écarts successifs de 0,20.

La courbe C fournit de même, en fonction de p_0, les valeurs de z_{df}.

La courbe C partage l'abaque en deux régions : il faut retenir, au-dessus de C, les valeurs de z_{df}, et, au-dessous de C, celles de z_{d1}, pour le calcul de la chambre d'équilibre.

3. Nous avons ensuite étudié le cas d'une chambre d'équilibre ordinaire, à section constante, munie de l'étranglement optimal, c'est-à-dire tel qu'on ait $r_0 = p_0 + z_m$.

L'abaque de la figure 2 donne z_{d1}, en fonction de p_0, pour les mêmes valeurs successives de k comprises entre 0 et 1 que dans le cas du premier abaque. La courbe C donne toujours en fonction de p_0 les valeurs de z_{df}.

Nous avons toutefois fait remarquer, dans une Note récente [1], que, pour $0,5 < p_0 < 1$, la montée maximale z_{mp}, due à certaines fermetures complètes d'un débit ne représentant qu'une fraction du débit Q_0, dépasse légèrement la montée z_m correspondant à la fermeture complète.

Sur l'abaque de la figure 2, la courbe C′ fournit, en fonction de p_0, les valeurs de z'_{dp}, en appelant z'_{dp} la cote atteinte par le plan d'eau à la fin de la descente faisant suite à la première montée (à la cote z_{mp}), lors de l'oscillation provoquée par la manœuvre de fermeture la plus dangereuse que nous venons de rappeler.

Les courbes C et C′ se coupent en un point B et l'on remarque d'ailleurs que la portion BE de la courbe C et la courbe C′ sont extrêmement voisines.

On voit que la portion AB de la courbe C et la courbe C′ tracée entre les points B et D partagent l'abaque de la figure 2 en deux régions.

Dans la région supérieure, il convient de retenir, pour le dimensionnement de la chambre d'équilibre, les valeurs de z_{df} données par la courbe C à gauche du point B et celles de z'_{dp} données par la courbe C′ à droite de ce point.

Dans la région inférieure de l'abaque, les valeurs à considérer pour la descente maximale du plan d'eau sont celles de z_{d1}.

En pratique p_0 est presque toujours supérieur à 0,2 et les valeurs de k supérieures à 0,8 sont exceptionnelles de telle sorte que dans les applications les valeurs à retenir pour le calcul de la chambre d'équilibre sont presque toujours celles de z_{d1}.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1892.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Mesures de probabilité sur l'espace de Banach* $C_0[0, 1]$. Note de M. **Joseph Kampé de Fériet**.

I. Dans des publications antérieures [1], nous avons proposé une méthode de construction de mesures de probabilité sur l'espace [2] de Banach $C_0[0, 1]$, fondée sur le fait que les fonctions triangulaires [3] $e_n(t)$ constituent une base de Schauder pour cet espace : à toute $x(t) \in C_0[0, 1]$ correspond la série uniformément convergente [4],

$$(1)\qquad x(t) = \sum_{1}^{+\infty} \eta_n e_n(t),$$

$$(2)\qquad \eta_n = x\left(\frac{2p_n+1}{2^{q_n}}\right) - \frac{1}{2}\left[x\left(\frac{p_n}{2^{q_n-1}}\right) + x\left(\frac{p_n+1}{2^{q_n-1}}\right)\right].$$

On obtient une mesure de probabilité sur $C_0[0, 1]$ en prenant pour $[\eta_1, \ldots, \eta_n, \ldots]$ une suite de variables aléatoires (v. a.) satisfaisant presque sûrement quelque condition $C(\eta_1, \ldots, \eta_n, \ldots)$ suffisante pour assurer la convergence uniforme de (1); nous avons appliqué cette méthode générale à la condition

$$(3)\qquad \sum_{q=1}^{q=+\infty} \operatorname*{Sup}_{n \in N_q} |\eta_n| < +\infty,$$

qui, comme nous l'avons démontré (A), implique la convergence uniforme et absolue de (1); la condition (3) est presque sûrement satisfaite si les v. a. η_n vérifient

$$(4)\qquad \sum_{q=1}^{q=+\infty} E\left[\operatorname*{Sup}_{n \in N_q} |\eta_n|\right] < +\infty.$$

Nous nous proposons de montrer qu'on peut obtenir des critères équivalents à ceux, que nous avons développés dans (A) et (C) à partir de (4), en substituant aux v. a. η_n les v. a.

$$(5)\qquad \xi_n = x\left(\frac{p_n+1}{2^{q_n-1}}\right) - x\left(\frac{p_n}{2^{q_n-1}}\right)$$

dont l'interprétation géométrique, comme celle des η_n, est aisée sur les lignes polygonales P_n par lesquelles on approxime la courbe $x(t)$.

Théorème 1. — *La série* (1) *est presque sûrement uniformément et absolument convergente sur* $[0, 1]$ *si*

$$(6)\qquad \sum_{q=1}^{q=+\infty} E\left[\operatorname*{Sup}_{n \in N_q} |\xi_n|\right] < +\infty.$$

Cette proposition est une conséquence immédiate de (4) et du

LEMME. — *Les deux conditions*

(7) $$\sum_{1}^{+\infty} A_q < +\infty$$

et

(3) $$\sum_{1}^{+\infty} B_q < +\infty,$$

où

$$A_q = \sup_{n \in N_q} |\xi_n|, \qquad B_q = \sup_{n \in N_q} |\eta_n|$$

sont équivalentes. En effet, des équations de récurrence (C) (p. 147)

(8) $$\xi_{2n} + \xi_{2n+1} = \xi_n, \qquad \xi_{2n} - \xi_{2n+1} = 2\eta_n$$

(9) $$\xi_{2n} = \frac{1}{2}\xi_n + \eta_n, \qquad \xi_{2n+1} = \frac{1}{2}\xi_n - \eta_n \Bigg\} \xi_1 = 0,$$

on tire $B_q \leqq A_{q+1} \leqq (1/2)\, A_q + B_q$, d'où

(10) $$\frac{1}{2}(A_2 + \ldots + A_{q+1}) \leqq B_1 + \ldots + B_q \leqq A_2 + \ldots + A_{q+1}.$$

2. En vertu du théorème 1 nous pouvons donc, dans toutes les conditions suffisantes déduites de (4), remplacer les v. a. η_n par les v. a. ξ_n ; pour ne donner qu'un seul exemple : de la condition ([5]) [(C), p. 151, (9.9)]

$$\sum_{q=1}^{q=+\infty} 2^{\frac{q}{r}} \Big[\sup_{n \in N_q} E\,|\eta_n|^r \Big]^{\frac{1}{r}} < +\infty,$$

nous tirons ce nouveau critère : pour que la série (1) converge presque sûrement uniformément et absolument, il suffit que pour un $r \geqq 1$:

(11) $$\sum_{q=1}^{q=+\infty} 2^{\frac{q}{r}} \Big[\sup_{n \in N_q} E\,|\xi_n|^r \Big]^{\frac{1}{r}} < +\infty.$$

3. En partant de la condition (3), on obtient toujours des séries qui sont non seulement uniformément, mais encore absolument convergentes; soit A_0 [o, 1] l'ensemble des $x(t)$ possédant cette propriété; il est intéressant de noter que A_0 [o, 1] est *strictement* un sous-ensemble de C_0 [o, 1]; en effet, prenons $\eta_n = a_q$ pour $n = 2^q$ et $\eta_n = 0$ pour $n \neq 2^q$; la courbe $x(t)$ est une ligne polygonale ayant pour sommets les points

$$x(2^{-q}) = a_1 . 2^{-q+1} + a_2 . 2^{-q+2} + \ldots + a_q;$$

pour que $x(t) \in C_0$ [o, 1] il faut et il suffit que $a_q \to 0$, ce qui n'implique nullement $\sum |a_q| < +\infty$.

On établit facilement que, si on le munit de l'une ou l'autre des normes

(12) $$\| x \|_1 = \sum_{1}^{+\infty} A_q, \qquad \| x \|_2 = \sum_{1}^{+\infty} B_q$$

(équivalentes en vertu de (10), mais toutes deux différentes de la norme de $C_0[0, 1]$), l'ensemble $A_0[0, 1]$ devient un espace de Banach.

4. Outre les conditions suffisantes (sur lesquelles sont basées les mesures de probabilité) nous avions donné [(B) et (C), th. 8.1, p. 147] une condition que nous avions cru nécessaire et suffisante pour la convergence uniforme de (1); or la condition $\Lambda_q \to 0$, énoncée dans le théorème 8.1, est bien nécessaire, mais non suffisante. En effet, toute condition nécessaire et suffisante doit être équivalente à la continuité uniforme de $x(t)$ sur l'ensemble $\mathcal{D}$ des points dyadiques : à tout $\varepsilon > 0$ doit correspondre un entier $Q(\varepsilon)$, tel que, pour tout couple (t', t'') de points dyadiques vérifiant $|t'' - t'| \leq 2^{-Q(\varepsilon)}$, on ait $|x(t'') - x(t')| < \varepsilon$. En utilisant les ξ_n, cette condition s'exprime de la manière suivante : étant donnés deux entiers non négatifs q et r, désignons par $M_{q,r}$ l'ensemble des couples d'entiers (n, k) vérifiant les inégalités

$$2^{q+r} \leq n \leq 2^{q+r+1} - 1, \qquad 0 \leq k \leq \operatorname{Inf}(2^r, 2^{q+r+1} - n) - 1 \tag{13}$$

et posons

$$\hat{\Lambda}_{q,r} = \sup_{(n,k) \in M_{q,r}} \left| \sum_{j=0}^{j=k} \xi_{n+j} \right|, \tag{14}$$

$$\hat{\Lambda}_q = \lim_{r \to +\infty} \hat{\Lambda}_{q,r}. \tag{15}$$

THÉORÈME 2. — *Pour que la série* (1) *converge uniformément sur* [0, 1] *il faut et il suffit que*

$$\lim_{q \to +\infty} \hat{\Lambda}_q = 0, \tag{16}$$

c'est-à-dire que, à tout $\varepsilon > 0$, *doit correspondre un entier* $Q(\varepsilon)$ *tel que pour tout entier* $q \geq Q(\varepsilon)$, $r \geq 0$ *et tout couple d'entiers* $(n, k) \in M_{q,r}$, *on ait*

$$\left| \sum_{j=0}^{j=k} \xi_{n+j} \right| < \varepsilon. \tag{17}$$

On voit immédiatement que la condition $r = 0$ entraîne, dans (13), $k = 0$; les seuls couples $(n, 0) \in M_{q,0}$ sont formés par les $n \in N_q$; par conséquent

$$\hat{\Lambda}_{q,0} = \sup_{(n,0) \in M_{q,0}} |\xi_n| = \sup_{n \in N_q} |\xi_n| = \Lambda_q.$$

D'autre part, on prouve facilement que, pour un q fixé, les $\hat{\Lambda}_{q,r}$ sont des fonctions non décroissantes de r; il résulte de ces deux remarques que

$$\Lambda_q \leq \hat{\Lambda}_{q,r} \leq \hat{\Lambda}_q.$$

La condition nécessaire et suffisante (16) implique bien $\Lambda_q \to 0$, mais la réciproque n'est pas vraie. Dans le corollaire 8.1, le théorème 9.1 et le corollaire 9.1 de (C) (p. 149), qui dépendent directement du théorème 8.5, il faut donc substituer $\hat{\Lambda}_q$ à Λ_q.

(1) (A) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 813; (B) *Ibid.*, 246, 1958, p. 3401; (C) *J. Math. pures et appl.*, 39, 1960, p. 119-163.

(2) $C_0[0, 1]$ est l'ensemble de toutes les fonctions $x(t)$ continues sur $[0, 1]$, nulles en 0 et 1; la norme est celle de la convergence uniforme.

(3) Pour les définitions et notations nous renvoyons à (A), (B), (C); à cause de leur usage dans cette Note rappelons néanmoins que : (*a*) à tout entier $n \geq 1$ correspond biunivoquement un couple d'entiers (q_n, p_n), $n = 2^{q_n - 1} + p_n$, $0 \leq p_n \leq 2^{q_n} - 1$; (*b*) N_q désigne l'ensemble des n pour lesquels $q_n = q$; (*c*) $e_n(t)$ désigne la fonction triangulaire construite sur l'intervalle dyadique

$$J_n = \left\{ t : \frac{p_n}{2^{q_n - 1}} \leq t \leq \frac{p_n + 1}{2^{q_n - 1}} \right\}.$$

(4) La somme partielle $x_n(t)$ de la série correspond à la ligne polygonale P_n, dont les sommets, ayant pour abscisses les points dyadiques $\{t_1, \ldots, t_n\}$, sont situés sur la courbe $x(t)$.

(5) C'est cette condition qui, dans un cas particulier, nous a conduit [(A) et (C), p. 153] à une définition nouvelle de la fonction de N. Wiener-P. Lévy.

ASTROPHYSIQUE ET AÉRONOMIE. — *Le spectre du ciel nocturne dans la région visible observé dans l'Antarctique.* Note (*) de MM. **Jean Dufay** et **Gilbert Weill**.

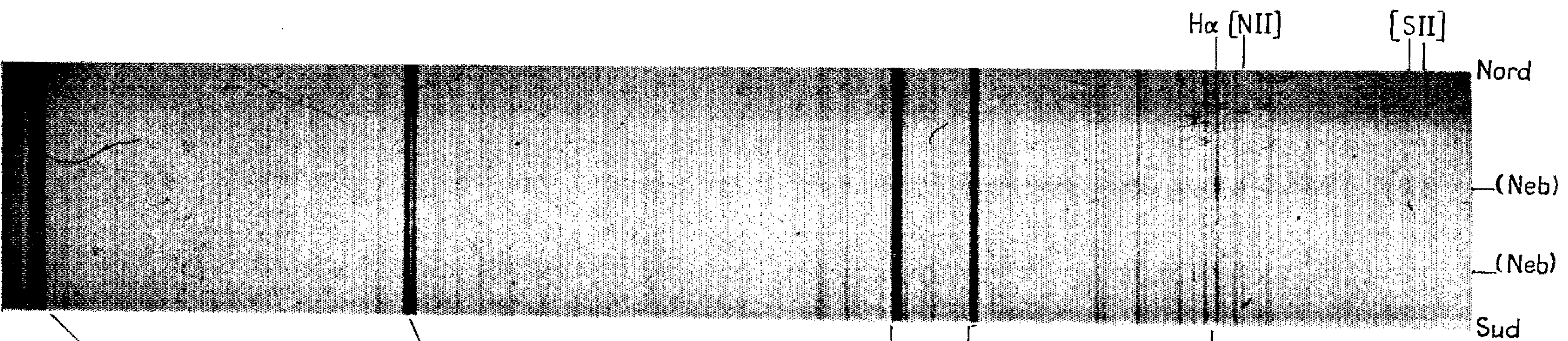
On observe dans l'Antarctique le même spectre d'émission qu'en France, mais où les raies interdites de l'oxygène sont beaucoup plus intenses. L'image du ciel projetée sur la fente du spectrographe, montre un renforcement important de la raie H_α, accompagné des raies de [N II] et [S II] et d'un spectre continu, attribuable au groupe de nébulosités voisines de η *Carinæ*.

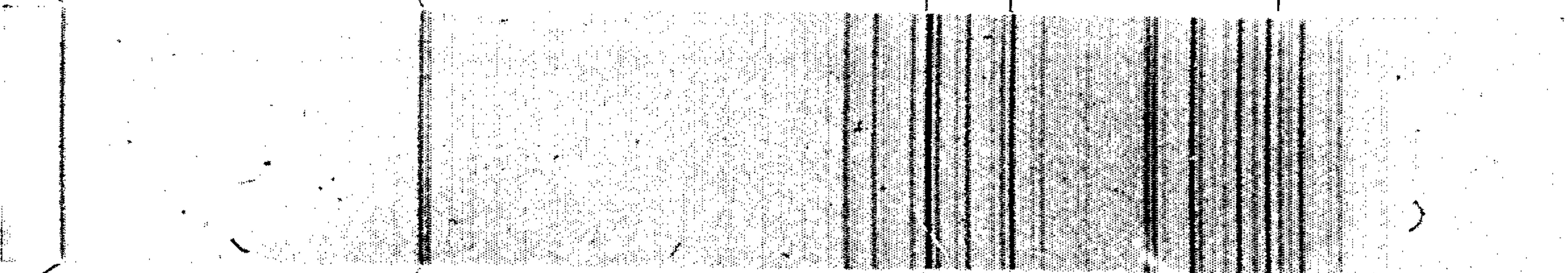
1. Le spectre du ciel nocturne dans la région visible a été photographié régulièrement par l'un de nous (G. W.) [1] de mai à novembre 1957, à la base Dumont d'Urville (latitude : 66° 40′ S; longitude : 140° 1′ E). L'objectif du spectrographe à deux réseaux juxtaposés était une chambre de Schmidt de 30 cm de longueur focale, ouverte à F/1 (dispersion : 48 Å/mm). Un système optique particulier projetait sur la fente une image du méridien magnétique, de l'horizon Nord à l'horizon Sud.

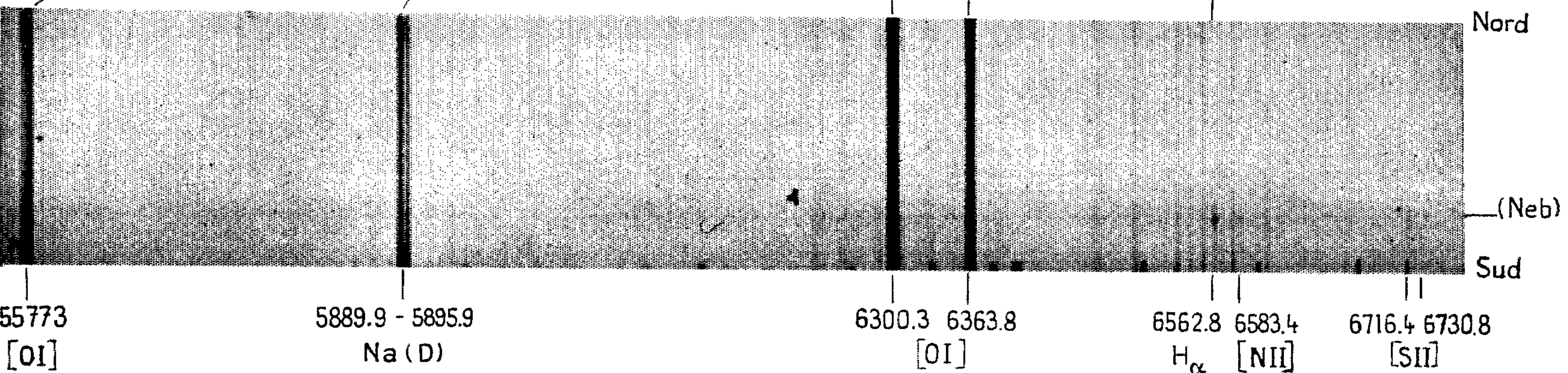
La planche I permet de comparer deux spectres ainsi obtenus (*a* et *c*) à un spectre pris à l'Observatoire de Haute Provence le 12 janvier 1961, avec un spectrographe dont la dispersion est identique dans le rouge [[2], [3]]. Qualitativement on trouve les mêmes émissions en France et dans l'Antarctique : raies de [O I] $^1D - ^1S$ (5 577,3 Å) et $^3P - ^1D$ (6 300,3, et 6 363,8 Å) doublet D du sodium et bandes de rotation-vibration de la molécule OH. Malgré la présence fréquente d'aurores polaires dans le ciel de la station australe [plus de 20 % de la durée de la pose *a*; phénomène à protons dit P. C. G. [4] pendant la pose *c*], le spectre de l'aurore n'apparaît pas sur les clichés. Seules les raies interdites de l'oxygène montrent, par rapport aux bandes de OH, une intensité bien plus grande dans l'Antarctique.

Il est fort probable que les bandes de OH ne sont pas beaucoup plus faibles en Terre Adélie qu'en Haute Provence. Les raies de l'oxygène y sont donc considérablement plus fortes. L'activité solaire a diminué de 1957 à 1961, mais les mesures photométriques faites en Haute Provence [5] montrent qu'entre les périodes correspondant à la prise des clichés *a* et *c* d'une part, *b* d'autre part, l'intensité zénithale des raies rouges de [O I] n'a décru que de 125 à 50 rayleighs, cependant que celle des bandes de OH décroissait de 120 à 100 rayleighs par 100 Å. L'unique mesure dont nous disposons pour la région transaurorale nord [6], faite le 31 octobre 1961, vers 22 h T. U., indique une intensité de 175 rayleighs, soit environ trois fois l'intensité observée simultanément autour de l'Observatoire de Haute Provence. Par ailleurs l'intensité moyenne des raies rouges de l'oxygène, mesurée en 1957 à la base Dumont d'Urville [7], s'établissait aux alentours de 5 krayleighs (distance zénithale : 80°). L'ensemble de ces mesures confirme donc la grande intensité des raies rouges en Terre Adélie et suggère

MM. JEAN DUFAY et GILBERT WEILL.







a et *c*, spectres obtenus à la base Dumont d'Urville : *a*, du 15 au 22 juin 1957 (pose totale : 55 h 30 mn par beau temps); *c*, du 13 au 18 septembre 1957 (pose totale : 35 h 30 mn par beau temps); *b*, spectre obtenu à l'Observatoire de Haute Provence, le 12 janvier 1961; pose : 10 h.

l'existence d'une dissymétrie des calottes polaires australe et boréale relativement à cette émission.

2. Les clichés de Terre Adélie, comme ceux de Haute Provence ([3]) montrent tous une raie H_α fine et non déplacée, dont l'intensité est à peu près la même dans les deux stations, par rapport aux raies voisines

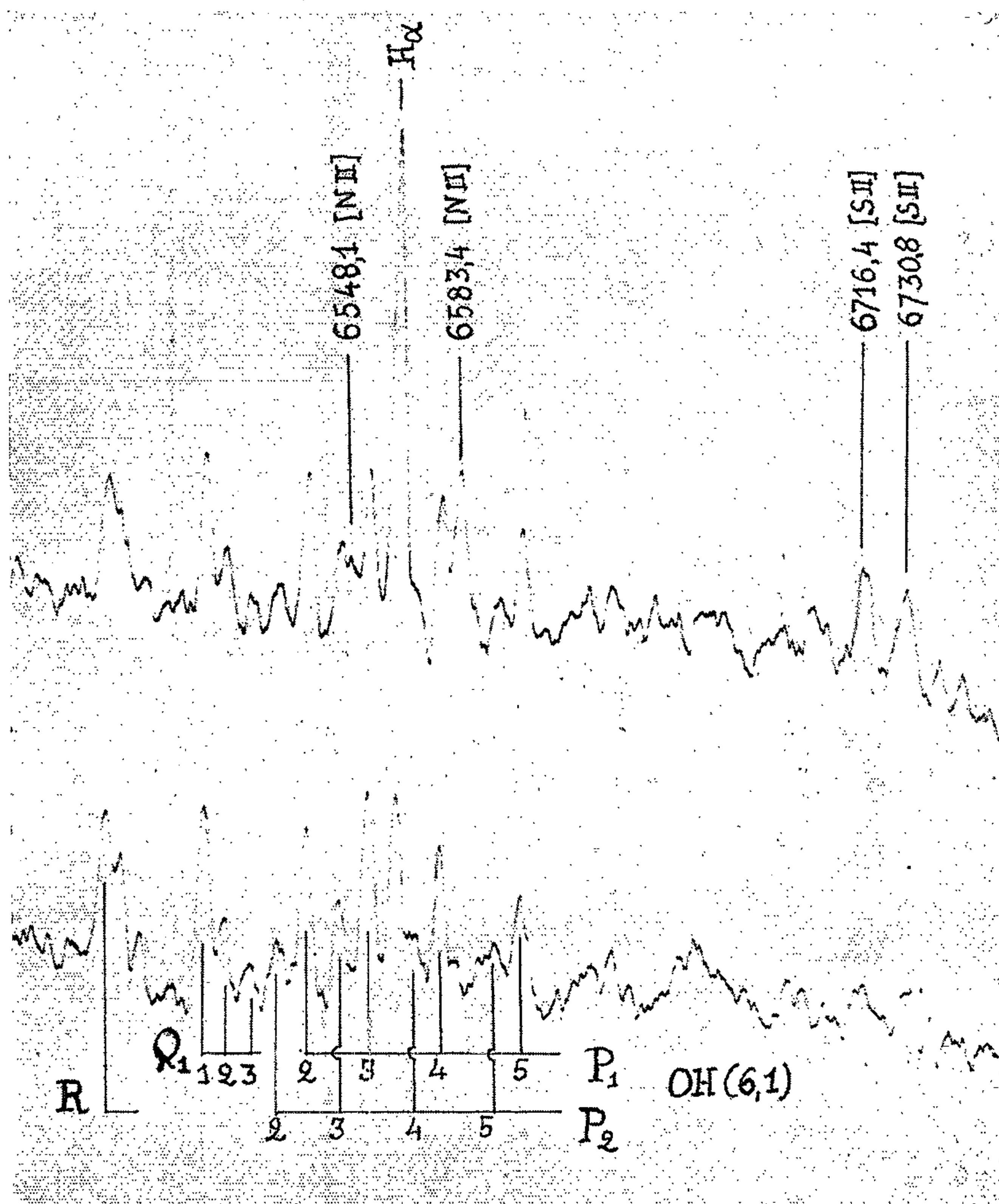


Fig. 1. — Enregistrements microphotométriques du spectre *a* : 1, sur la condensation à 8° au Nord du zénith; 2, hors des condensations, un peu au Sud du zénith.

de la bande (6,1) de OH. Mais on voit sur tous les spectres de l'Antarctique un ou deux renforcements de la raie H_α, de quelques degrés d'étendue. Ils sont accompagnés d'un spectre continu sur lequel se détachent aussi plus faiblement les raies $^3P - {}^1D$ de [N II] (6 548,1 et surtout 6 583,4 Å) et les raies $^4S - {}^2D$ de [S II] (6 716,4 et 6 730,8 Å), dans une région spectrale où la définition est déjà moins bonne. La figure 1 montre deux enregistrements du spectre *a*, l'un à la hauteur du renforcement le plus apparent de H_α, au nord du zénith, l'autre un peu au Sud de celui-ci. Comme l'ont

déjà montré J. Dufay, M. Dufay et Nguyen Huü-Doan ([3]), en discutant leurs observations et celles de G. Kvifte ([8]), ces condensations doivent correspondre aux images de régions galactiques H II brillantes et étendues.

3. Sur les sept clichés étudiés une condensation apparaît à 50° 6′ (± 1°) du zénith vers le Sud, une seconde à 8° (± 1°) du zénith vers le Nord sur les trois clichés de mai et juin. Connaissant les coordonnées géographiques de la station et l'angle formé par les méridiens magnétique et géographique, on calcule aisément les coordonnées horaires des condensations. On trouve

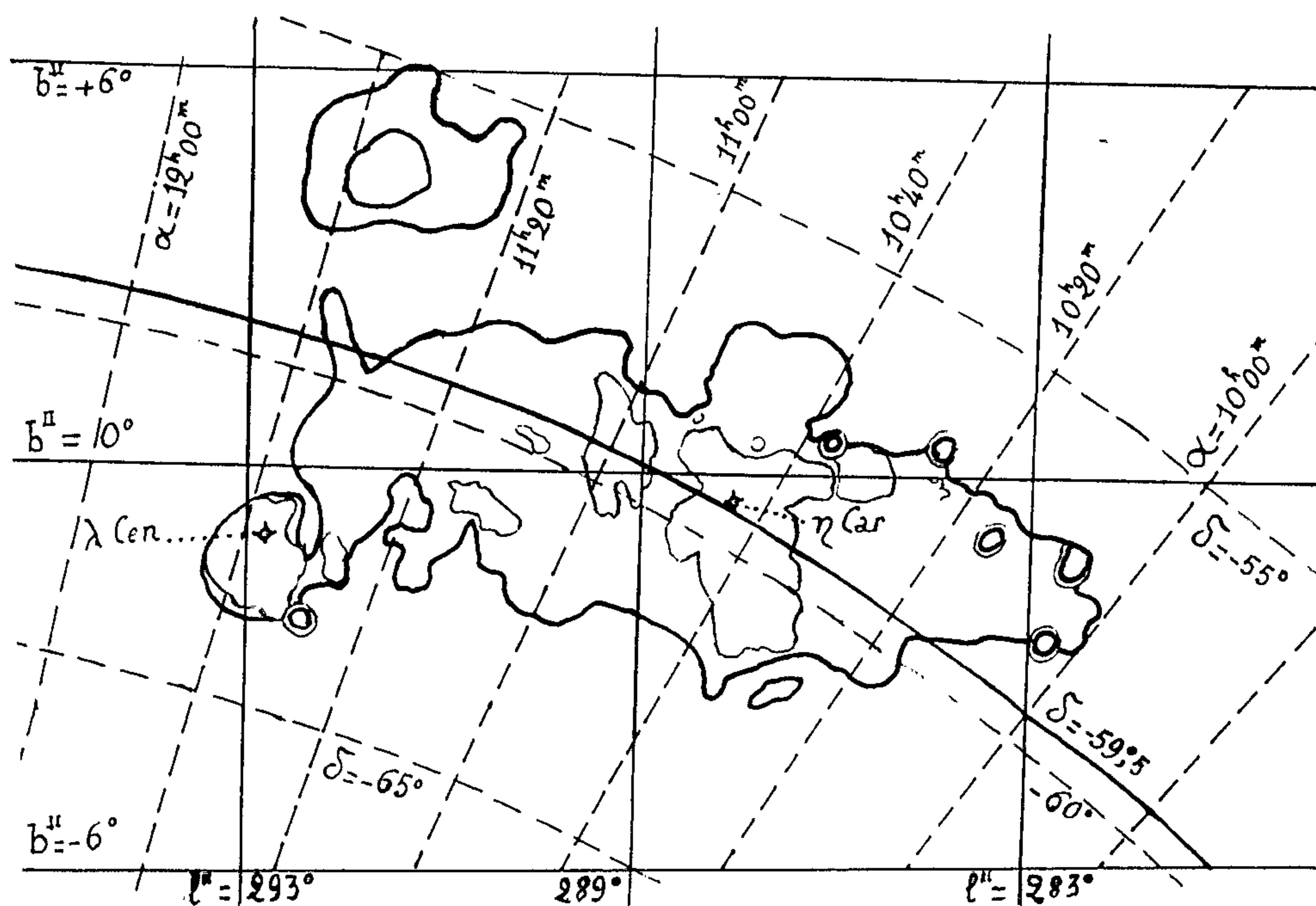


Fig. 2. — Contours de la région émettant la raie H_α au voisinage des étoiles η *Carinæ* et λ *Centauri*, d'après l'*Atlas du Mont Stromlo*.

Les contours en traits plus fins indiquent les régions particulièrement lumineuses à l'intérieur de la grande nébulosité. Coordonnées galactiques nouvelles (l^{II} et b^{II}) en traits pleins; coordonnées équatoriales (1950,0), en traits interrompus. La déclinaison — 59° 5′ est figurée en trait plein.

au Sud du zénith H = 9 h 32 mn, au Nord H = 23 h 38 mn et, dans les deux cas, aux erreurs de mesure près, $\delta = -59°,5$. Les heures du début et de la fin de chaque pose déterminent alors les limites entre lesquelles est contenue l'ascension droite de la source. L'image d'un seul groupe de nébulosités traverse la fente du spectrographe : c'est le plus brillant de l'hémisphère austral, au voisinage de l'étoile η *Carinæ* [([9]), ([10]), ([11])]. Ses passages au Nord et au Sud du zénith sont observés pendant les poses de mai et de juin, son passage au Sud seul en septembre et octobre.

La figure 2 indique, d'après l'*Atlas de la Voie lactée australe* établi à l'Observatoire du Mont Stromlo ([10]) les contours de la vaste région émettant

la raie H_α. Son passage dure environ 1 h 40 mn. Ainsi, au cours de la prise du spectre *a* six passages incomplets se sont produits au Nord du zénith (pendant 5 h 30 mn et trois passages au Sud, dont deux complets (4 h 15 mn). Dans le cas du spectre *c*, la nébuleuse est passée cinq fois au Sud (8 h 15 mn).

La présence des raies de [S II], habituelle dans les spectres nébulaires, ne paraît pas avoir été signalée jusqu'ici au voisingae de η *Carinæ*. Le spectre continu doit provenir surtout de la lumière diffusée par les particules solides, abondantes dans la nébuleuse, et peut-être aussi des nombreuses étoiles B qu'elle contient ([12]).

(*) Séance du 22 octobre 1962.

([1]) Avec la collaboration technique de M. José Daguillon.

([2]) M. DUFAY et J. DUFAY, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 4191.
([3]) J. DUFAY, M. DUFAY et NGUYEN HUŨ-DOAN, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 974.
([4]) G. WEILL, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3402.
([5]) D. BARBIER, Communication privée.
([6]) F. E. ROACH, D. BARBIER et G. WEILL, *Ann. Géophys.*, 18, 1962, p. 118.
([7]) G. WEILL, *Chronique de l'U. G. G. I.*, 33, 1960, p. 277.
([8]) *Geofysiske Publikajoner Oslo*, 20, n° 12, 1959.
([9]) B. J. BOK et P. F. BOK, *The Milky Way*, 3e éd., Harvard, University Press, 1957.
([10]) A. W. RODGERS, C. T. CAMPBELL, J. B. WHITEOAK, H. H. BAILEY et V. O. HUNT, *An Atlas of H_α emissions in the Southern Milky Way*, Mount Stromlo Observatory, 1959.
([11]) A. W. RODGERS, C. T. CAMPBELL et J. B. WHITEOAK, *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 121, 1960, p. 103.
([12]) H. M. JOHNSON, *Memoirs of the Mount Stromlo Observatory*, 3, n° 15, 1960, p. 19.

(*Observatoire de Haute Provence et Institut d'Astrophysique de Paris.*)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

ALGÈBRE. — *Nombre des extensions de degré donné d'un corps* $\mathfrak{p}$*-adique : calcul de* $N^{(n)}_{k,j,s}$; *démonstration du théorème* 1. Note (*) de M. **Marc Krasner**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

8. Je conserve les notations de mes Notes antérieures ([1]). Soient $k(x)_n$ l'ensemble des polynomes unitaires $f(x) = x^n + \Sigma a_i x^i$ $(0 \leqq i < n)$ de degré n dans k, π_0 un élément de k tel que $\mathfrak{p} = (\pi_0)$, $\lambda : \overline{k} \to k$ une fonction représentative normée de $\overline{k}$ dans k, $a_i = \Sigma(\lambda . \overline{a}_{i,u})\pi_0^u$ le (λ, π_0)-développement de a_i. Soient $\varkappa = \sqrt[n]{\pi_0}$ et $L = k(\varkappa)$ organisé par l'unique prolongement possible de la valuation de k. L/k est une extension complètement ramifiée, dont $\mathfrak{q} = (\varkappa) = \mathfrak{p}^{1/n}$ est l'idéal premier, et l'on a, avec la normalisation du paragraphe 6, $\omega(\mathfrak{q}) = n^{-1}\omega(\pi_0) = 1$.

Soit θ l'application $f(x) \to f(\varkappa) - \varkappa^n = \Sigma a_i \varkappa^i$ de $k(x)_n$ dans L. C'est une surjection, car $(a_0, a_1, \ldots, a_{n-1})$ est un vecteur arbitraire de k^n et $(1, \varkappa, \ldots, \varkappa^{n-1})$ est une base linéaire de L/k. On a $\omega(\theta . f(x)) = \text{Min}\, \omega(a_i) + i$, et, par suite, les conditions : $\omega(a_0) = n$, $\omega(a_i) \geqq n$ $(0 \leqq i < n)$, qui caractérisent les polynomes d'Eisenstein, équivalent à $\omega(\theta . f(x)) = n$. Et si $g(x) = x^n + \Sigma b_i x^i$ est $\in k(x)_n$, $d(\theta . f(x), \theta . g(x))$ est

$$|f(\varkappa) - g(\varkappa)| = |\Sigma(a_i - b_i)\varkappa^i|,$$

ce qui coïncide, en vertu du paragraphe 6, avec la distance $d_n(f(x), g(x))$ des $f(x)$, $g(x)$ dans $S_k^{(n)}$. Ainsi, $\theta . E_{k,n}$ (où $E_{k,n}$ est l'ensemble des polynomes d'Eisenstein de degré n dans k) est le complément $\mathfrak{q} \,..\, \mathfrak{q}^2$ de $\mathfrak{q}^2$ dans $\mathfrak{q}$ et θ est une isométrie du sous-espace $E_{k,n}$ de $S_k^{(n)}$ dans L. Comme λ est aussi une fonction représentative normée de $\overline{L} = \overline{k}$ dans L, $\varphi(\lambda, \varkappa)\theta$ est une isométrie de $E_{k,n}$ dans $\mathfrak{V}(\overline{L}^Z)$. Puisque $\pi_0 = \varkappa^n$, on a

$$\theta . f(x) = \Sigma_i a_i \varkappa^i = \Sigma_i(\Sigma_u(\lambda . \overline{a}_{i,u})\pi_0^u)\varkappa^i = \Sigma_i \Sigma_u(\lambda . \overline{a}_{i,u})\varkappa^{nu+i}$$

et, si $N_n = \{0, 1, \ldots, n-1\}$, $(u, i) \to nu + i$ est une bijection de $Z \times N_n$ sur Z, un $t \in Z$ étant l'image du couple $(u(t), i(t))$, où $i(t)$ et $u(t)$ sont le plus petit reste non négatif de t (mod n) et la partie entière de t/n. Ainsi, si l'on pose $\overline{c}_t = \overline{a}_{i(t), u(t)}$, $\Sigma_t(\lambda . \overline{c}_t)\varkappa^t$ est le $(\lambda, \varkappa)$-développement de $\theta . f(x)$ et $\varphi(\lambda, \varkappa)\theta . f(x)$ est le vecteur $\overline{c} = [\overline{c}_t = \overline{a}_{i(t), u(t)}]$. Quand $f(x)$ parcourt $E_{k,n}$, ce vecteur parcourt tous les vecteurs $\overline{c} = (\overline{c}_t) \in \overline{k}^Z$ tels que $\overline{c}_t = \overline{0}$ si $t < n$ et $\overline{c}_n \neq \overline{0}$. Posons $N'_n = N_n \,..\, \{0\} = \{1, \ldots, n-1\}$.

Si $f \in E_{k,n}$, $\omega(\mathfrak{D}_f)$ est $\text{Min}[mE + n - 1, \text{Min}_i[\omega(a_i) + s(i)E + i - 1]]$ (où i parcourt N'_n), car $\omega(\mathfrak{g}) = 1$ dans notre cas. Or, si u_i est $+\infty$ ou le plus petit u tel que $\overline{a}_{i,u} \neq \overline{0}$ selon que $a_i =$ ou $\neq 0$ $(i \in N'_n)$, on a $\omega(a_i) = nu_i$, et $f \in E_{k,n}$ implique $u_0 = 1$. Comme $s(n) = m$, $mE + n - 1$ est $= (nu_0 + 0) + s(nu_0 + 0) - 1$, tandis que $0 < i < n$ et $\omega(a_i) \geqq n$

impliquent, quand $\omega(a_i) + s(i)\,\mathrm{E} + i - 1 \leqq m\mathrm{E} + n - 1$, $s(i) < m$ [ce qui entraîne, pour tout $t \equiv i \pmod{n}$, $s(t) = s(i)$], d'où

$$\omega(a_i) + s(i)\,\mathrm{E} + i - 1 = (nu_i + i) + s(nu_i + i)\,\mathrm{E} - 1,$$

cette égalité restant exacte pour tout $i \in \mathrm{N}'_n$ tel que $s(i) < m$. Puisque, pour $i \in \mathrm{N}'_n$ tel que $s(i) \geqq m$, on a aussi $s(nu_i + i) \geqq m$, on voit que

$$(nu_i + i) + s(nu_i + i)\,\mathrm{E} - 1 > m\mathrm{E} + n - 1.$$

Donc, $\omega(\vartheta_f)$ est aussi $= \mathrm{Min}\,[(nu_i + i) + s(nu_i + i)\,\mathrm{E} - 1]$, où i parcourt N_n. Or, soit t un indice tel que $\bar{c}_t \neq 0$. Alors, si $s(t) < m$, on a $s(t) = s(i(t))$ et $u(t) \geqq u_{i(t)}$, d'où $t + s(t)\,\mathrm{E} - 1 \geqq (nu_{i(t)} + i(t)) + s(nu_{i(t)} + i(t))\,\mathrm{E} - 1$, et si $s(t) \geqq m$, on a, puisque $t \geqq n$, $t + s(t)\,\mathrm{E} - 1 \geqq n + m\mathrm{E} - 1$. Comme tout $(nu_i + i) + s(nu_i + i) - 1$ est, quand il est $< +\infty$, parmi les $s(t)\,\mathrm{E} + t - 1$ tels que $\bar{c}_t \neq \bar{0}$, on voit que $\omega(\vartheta_f)$ est aussi $\mathrm{Min}\,[s(t)\,\mathrm{E} + t - 1]$, où t parcourt les indices $\in \mathrm{Z}$ tels que $\bar{c}_t \neq \bar{0}$, donc est $= \omega(\Delta_{\lambda,\varkappa}(\theta . f(x)))$.

Dès lors, si $f \in \mathrm{E}_{k,n}$ (autrement dit, $\bar{c}_t \neq \bar{0}$ implique $t \geqq n$ et $t = n$ implique $\bar{c}_t \neq \bar{0}$) et si j satisfait aux conditions d'Ore, on a $\omega(\vartheta_f) = \mathfrak{p}\mathfrak{P}^{j-1}$ si et seulement si $\bar{c}_t \neq \bar{0}$ implique $s(t)\,\mathrm{E} + t - 1 \geqq n - 1 + j$ et $s(t)\,\mathrm{E} + t - 1 = n - 1 + j$ implique $\bar{c}_t \neq \bar{0}$. Or, si t satisfait à cette égalité, $s(t)$ est $< m$ ou $t = n$ [donc $s(t) = m$], autrement dit $s(t) \leqq m$. Mais, la même égalité implique $j \equiv t \pmod{n}$, donc $(\mathrm{mod}\ p^m)$, d'où résulte que $s = \mathrm{Min}\,[s(j), m]$ est $= \mathrm{Min}\,[s(t), m] = s(t)$. Ainsi, on a $f \in \mathrm{E}^{(n)}_{k,j}$ si, et seulement si : 1° $\bar{c}_t \neq 0$ implique $t^* = t - n \geqq \mathrm{Max}\,[j - s(t)\,\mathrm{E}, 0]$; 2° $t = 0$ ou $t = j - s\,\mathrm{E}$ implique $\bar{c}_t \neq 0$. Si ρ est la partie entière $[j/\mathrm{E}]$ de j/E, les conditions d'Ore peuvent s'écrire $0 \leqq s \leqq \rho \leqq m$.

9. Supposant que c est un entier assez grand pour que $\mathrm{E}^{(n)}_{k,j}$ se décompose en cercles de rayon $\mathfrak{P}^{n+c} = \mathfrak{p}^{n+c/n}$, calculons le nombre de ces cercles, égal, puisque $\varphi(\lambda, \varkappa)\,\theta$ est une isométrie, à celui des cercles de même rayon dans $\varphi(\lambda, \varkappa)\,\theta . \mathrm{E}^{(n)}_{k,j}$. Or, puisque $f \in \mathrm{E}_{k,n}$ implique $\bar{c}_t = 0$ quand $t^* < 0$, $\varphi(\lambda, \varkappa)\,\theta . \mathrm{E}^{(n)}_{k,j}$ s'identifie, d'une manière évidente, à l'ensemble des vecteurs $\in \bar{k}^{\mathrm{N}}$ (où N est l'ensemble des entiers $\geqq 0$), dont les composantes $\bar{c}_t$, $t \in \mathrm{N}$, satisfont aux conditions 1° et 2° précédentes, et l'ensemble des cercles de rayons $\mathfrak{P}^{n+c}$, en lesquels il se décompose, s'identifie avec sa projection dans $\bar{k}^{\mathrm{N}_{n+c}}$, c'est-à-dire avec l'ensemble $\mathrm{V}^{(n,c)}_{k,j}$ des vecteurs $\bar{\gamma} = (\bar{\gamma}_0, \bar{\gamma}_1, \ldots, \bar{\gamma}_{n+c-1})$ dont les composantes $\bar{\gamma}_t$, $t \in \mathrm{N}_{n+c}$, satisfont aux conditions : 1° $\bar{\gamma}_t \neq \bar{0}$ implique $t^* = t - n \geqq 0$ et $\geqq j - s(t)\,\mathrm{E}$; 2° $t^* = 0$ ou $t^* = j - s\mathrm{E}$ implique $\bar{\gamma}_t \neq \bar{0}$. Ces conditions, concernant les valeurs que prend, pour un t donné, la composante $\bar{\gamma}_t$ de $\bar{\gamma}$ parcourant $\mathrm{V}^{(n,c)}_{k,j}$ sont, visiblement, mutuellement indépendantes pour les $t \in \mathrm{N}_{n+c}$ différents. Ainsi, si $\mathrm{U}_t\,(t \in \mathrm{N}_{n+c})$ est l'ensemble de ces valeurs de $\bar{\gamma}_t$ et si u_t est le nombre des éléments de U_t, $\mathrm{V}^{(n,c)}_{k,j}$ est le produit cartésien des U_t et son nombre des éléments est le produit des u_t, où t parcourt N_{n+c}. Or, en vertu des conditions 1° et 2°, U_t est $\{\bar{0}\}$, $\bar{k} \mathbin{..} \{\bar{0}\}$ ou $\bar{k}$ (et u_t est, dans ces cas respectifs, 1, $q - 1$ ou q) selon que respectivement :

α. $t < \mathrm{Max}[0, j - s(t)\,\mathrm{E}]$; β. $t = 0$ ou $t = j - s\mathrm{E}$; γ. $t > \mathrm{Max}[0, j - s(t)\,\mathrm{E}]$. Ainsi, si ν_1, ν_2, ν_3 sont les nombres des $t \in \mathrm{N}_{n+c}$ satisfaisant aux conditions α, β et γ respectivement, le nombre cherché est $(q-1)^{\nu_2} q^{\nu_3}$. ν_2 est $= 1$ ou $= 2$ selon que $0 = j - s\mathrm{E}$ ou $0 \neq j - s\mathrm{E}$. Or, $j = s\mathrm{E}$ implique $s(j) \geqq m$, donc $s = m$ et $j = m\mathrm{E}$ (auquel cas $j - s\mathrm{E} = 0$). Ainsi, $(q-1)^{\nu_2} = l_j (q-1)$, où $l_j = q - 1$ ou $= 1$ selon que $j <$ ou $= m\mathrm{E}$.

Pour calculer ν_3, partageons la réunion des intervalles $\mathfrak{L}_1 = (j - s\mathrm{E}, c - 1]$ et $\mathfrak{L}_2 = (0, j - s\mathrm{E})$ de l'axe réel, à laquelle appartiennent tous les t satisfaisant à la condition γ, en sous-intervalles convenables, et évaluons, pour chacun de ces sous-intervalles, le nombre de tels t, qui y sont. $\mathfrak{L}_1$ sera partagé en $s + 1$ sous-intervalles (dont le premier peut être vide)

$$\mathrm{L}_0 = (j, c-1],\quad \mathrm{L}_1 = (j - \mathrm{E}, j],\quad \mathrm{L}_2 = (j - 2\mathrm{E}, j - \mathrm{E}],\quad \ldots,\quad \mathrm{L}_s = (j - s\mathrm{E}, j - (s-1)\,\mathrm{E}]$$

et $\mathfrak{L}_2$ sera partagé en $\rho - s + 1$ sous-intervalles (dont le dernier peut être vide) $\mathrm{L}_{s+1} = [j - (s+1)\,\mathrm{E}, j - s\mathrm{E})$, $\mathrm{L}_{s+2} = [j - (s+2)\,\mathrm{E}, j - (s+1)\,\mathrm{E})$, $\ldots$, $\mathrm{L}_\rho = [j - \rho\mathrm{E}, j - (\rho - 1)\,\mathrm{E}]$, $\mathrm{L}_{\rho+1} = (0, j - \rho\mathrm{E})$. Soit μ_i le nombre des $t \in \mathrm{L}_i$ $(0 \leqq i \leqq \rho + 1)$ satisfaisant à γ. Tout $t \in \mathrm{L}_0$ y satisfait, donc $\mu_0 = c - j - 1$. Si $0 < i \leqq \rho$, on a $i \leqq m$ (et ceci a encore lieu pour $i = \rho + 1$ si $\rho \neq m$, autrement dit si $j \neq m\mathrm{E}$), donc $t^* = t - n \equiv t \pmod{p^i}$ et $s(t^*)$ est $\geqq i$ en même temps que $s(t)$. Si $0 < i \leqq s$, $t \in \mathrm{L}_i$ signifie $j - i\mathrm{E} < t \leqq j - (i-1)\,\mathrm{E}$, et un tel t satisfait à γ, autrement dit à $t > j - s(t)\,\mathrm{E}$ (car $t > 0$ est automatique), si et seulement si $s(t) \geqq i$, ce qui équivaut, puisque $s \leqq \rho$, à $s(t^*) \geqq i$. Si $s < t \leqq \rho + 1$, $t \in \mathrm{L}_i$ équivaut à $j - i\mathrm{E} \leqq t < j - (i-1)\,\mathrm{E}$ et $t > 0$ (qui résulte déjà de la première inégalité si $i \leqq \rho$) et, alors, $t > j - s(t)\,\mathrm{E}$ équivaut à $t \geqq j - s(t)\,\mathrm{E}$, car $t = j - s(t)\,\mathrm{E}$ n'a lieu, quand $t > 0$, que pour $t = j - s\mathrm{E} \notin \mathrm{L}_i$. Mais, alors, un $t \in \mathrm{L}_i$ satisfait à γ si et seulement si $t \geqq j - s(t)\mathrm{E}$, ce qui équivaut à $s(t) \geqq i$ et, sauf si $i = \rho + 1$ et $\rho = m$, à $s(t^*) \geqq i$. Or, si $\rho = m$, on a $j = m\mathrm{E} = \rho\mathrm{E}$ et $\mathrm{L}_{\rho+1}$ est vide. Donc $s(t^*) \geqq i$, autrement dit $t^* \equiv 0 \pmod{p^i}$, est la condition nécessaire et suffisante pour que, pour tout i tel que $0 < i \leqq \rho + 1$, $t \in \mathrm{L}_i$ satisfasse à γ. Si $i \leqq \rho$, L_i est un intervalle semi-ouvert de longueur E divisible par p^m, donc par p^i, d'où $\mu_i = \mathrm{E}/p^i$. Et, comme $\mathrm{L}_{\rho+1} = (0, j - \rho\mathrm{E})$ et $j - \rho\mathrm{E} \not\equiv 0 \pmod{p^{\rho+1}}$ si $\rho < m$, on a $\mu_{\rho+1} = [j - \rho\mathrm{E}/p^{\rho+1}]$. Finalement, $\nu_3 = \Sigma\mu_i$ est égale à $(c - j - 1) + (\mathrm{E}/p) + (\mathrm{E}/p^2) + \ldots + (\mathrm{E}/p^\rho) + [j - \rho\mathrm{E}/p^{\rho+1}]$.

10. En particulier, pour calculer le nombre $\mathrm{N}^{(n)}_{k,j,t}$ des cercles de rayon $\mathfrak{P}^{n+j+t-1}$ dans $\mathrm{E}^{(n)}_{k,j}$, il suffit de poser $c = j + t - 1$, ce qui donne $\nu_3 = t - 2 + (\mathrm{E}/p) + \ldots + (\mathrm{E}/p^\rho) + [j - \rho\mathrm{E}/p^{\rho+1}]$, donc

$$\mathrm{N}^{(n)}_{k,j,t} = \left[l_j\, q^{\frac{\mathrm{E}}{p} + \frac{\mathrm{E}}{p^2} + \ldots + \frac{\mathrm{E}}{p^\rho} + \left[\frac{j - \rho\mathrm{E}}{p^{\rho+1}}\right]}\right] [(q-1)\, q^{t-2}],$$

et $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j} = n\,\mathrm{N}^{(n)}_{k,j,t}/(q-1)\,q^{t-2}$ a bien la valeur de l'énoncé du théorème 1.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3470; 255, 1962, p. 224 et 1682.

(*Faculté des Sciences de Clermont*).

ALGÈBRE. — *Entiers des corps abéliens de degré 5.*

Note de M. **Jean-Jacques Payan**, présentée par M. René Garnier.

En utilisant un procédé de construction des corps abéliens de degré 5, indiqué dans une Note antérieure ([1]), j'étudie les bases des entiers de ces corps et leurs discriminants. Après avoir introduit une loi de composition entre ces corps ([2]), je précise les corps circulaires qui contiennent un tel corps ([3]).

1. Entiers des corps abéliens de degré 5. — L'étude des entiers repose sur l'égalité

$$\theta_u = \frac{1}{5}\Big[\sum_j \overline{\theta_{u,j}} + s\Big], \qquad \text{avec} \quad \overline{\theta_{u,j}}^5 = \lambda_j^5 \alpha_j \alpha_{2j}^3 \alpha_{3j}^2 \alpha_{4j}^4.$$

Il est alors naturel de considérer le reste modulo 5 de $\alpha_j \alpha_{2j}^3 \alpha_{3j}^2 \alpha_{4j}^4$, on voit que deux cas sont à considérer :

$\alpha_j \alpha_{2j}^3 \alpha_{3j}^2 \alpha_{4j}^4 \equiv \pm 1 \pmod 5$ nous dirons alors que le corps correspondant est unitaire;

$\alpha_j \alpha_{2j}^3 \alpha_{3j}^2 \alpha_{4j}^4 \equiv \pm \varepsilon_{kj} \pmod 5$ nous dirons que le corps correspondant est non unitaire.

Corps unitaires :

Théorème. — *Le quintuplet* $\| \theta_u, \theta_{u+1}, \theta_{u+2}, \theta_{u+3}, \theta_{u+4} \|$ *formé à l'aide de* $\lambda_i = 1$, $\| \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 \|$ *et* $s = \pm 1$ *est une base des entiers du corps.*

Corps non unitaires :

Théorème. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que l'ensemble* $\| \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 \|$, $| \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \lambda_4 |$ *et* s *donne un quintuplet d'entiers, est que* $\lambda_i \equiv 0 \pmod 5$ *et* $s \equiv 0 \pmod 5$.

Corollaire. — *Dans un corps non unitaire, il n'y a pas de base normale (c'est-à-dire de base des entiers formée des conjugués d'un seul élément) mais le quintuplet* $\| 1, \theta_{u+1}, \theta_{u+2}, \theta_{u+3}, \theta_{u+4} \|$ *obtenu en remplaçant* θ_u *par* 1 *dans le quintuplet construit à l'aide de* $\| \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4 \|$, $\lambda_i = 5$ *et* $s = 0$ *est une base des entiers du corps.*

2. Discriminants des corps abéliens de degré 5.

Corps unitaires. — Le discriminant s'écrit

$$\begin{vmatrix} \theta_u & \theta_{u+1} & \theta_{u+2} & \theta_{u+3} & \theta_{u+4} \\ \theta_{u+1} & \theta_{u+2} & \theta_{u+3} & \theta_{u+4} & \theta_u \\ \theta_{u+2} & \theta_{u+3} & \theta_{u+4} & \theta_u & \theta_{u+1} \\ \theta_{u+3} & \theta_{u+4} & \theta_u & \theta_{u+1} & \theta_{u+2} \\ \theta_{u+4} & \theta_u & \theta_{u+1} & \theta_{u+2} & \theta_{u+3} \end{vmatrix}^2 = s^2 \prod_j \overline{\theta_{u,j}}^2,$$

soit encore $(\alpha_1 \alpha_2 \alpha_3 \alpha_4)^4$; on peut alors énoncer :

THÉORÈME. — *Le discriminant d'un corps abélien unitaire de degré 5 est puissance quatrième d'un produit de h nombres premiers naturels distincts congrus à + 1 modulo 5. Réciproquement un tel nombre est discriminant de 4^{h-1} corps abéliens de degré 5.*

Cette dernière propriété tient à l'existence de 4^{h-1} quadruplets de norme $\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4$ non associés par une unité réelle et de reste convenable modulo 5.

Corps non unitaires. — Le discriminant s'écrit

$$\begin{vmatrix} 1 & \theta_{u+1} & \theta_{u+2} & \theta_{u+3} & \theta_{u+4} \\ 1 & \theta_{u+2} & \theta_{u+3} & \theta_{u+4} & \theta_{u} \\ 1 & \theta_{u+3} & \theta_{u+4} & \theta_{u} & \theta_{u+1} \\ 1 & \theta_{u+4} & \theta_{u} & \theta_{u+1} & \theta_{u+2} \\ 1 & \theta_{u} & \theta_{u+1} & \theta_{u+2} & \theta_{u+3} \end{vmatrix}^2 = \prod_j \overline{\theta_{u,j}}^2,$$

soit $[5^2\alpha_1\alpha_2\alpha_3\alpha_4]^4$.

THÉORÈME. — *Le discriminant d'un corps abélien de degré 5 non unitaire est puissance quatrième d'un produit de h nombres premiers naturels congrus à + 1 modulo 5 par 5^2. Réciproquement un tel nombre est discriminant de 4^h corps abéliens de degré 5 non unitaires.*

3. PRODUIT DES CORPS ABÉLIENS DE DEGRÉ 5. — Soient deux corps abéliens de degré 5 : $Q(\xi_u)$ et $Q(\eta_u)$ déterminés par les quadruplets $\|\beta_1\beta_2\beta_3\beta_4\|$ et $\|\gamma_1\gamma_2\gamma_3\gamma_4\|$. On suppose de plus que les discriminants de ces corps sont premiers entre eux.

Considérons les nombres $\theta_u = \sum_{\nu \bmod 5} \xi_\nu \eta_{u-\nu}$; on voit facilement que $\overline{\theta_{u,j}} = \overline{\eta_{u,j}}\,\overline{\xi_{0,j}}$, $\forall u, j$ ce qui entraîne que $Q(\theta_u)$ est produit des discriminants des corps $Q(\xi_u)$ et $Q(\eta_u)$. Nous dirons que $Q(\theta_u)$ est produit des deux corps initiaux et le noterons $Q(\xi_u) \times Q(\eta_u)$. On appellera primaire un corps dont le discriminant est puissance d'un nombre premier. Les résultats déjà obtenus montrent qu'un corps unitaire est produit du corps non unitaire primaire par des corps unitaires primaires.

4. SOUS-CORPS DES CORPS CIRCULAIRES :

THÉORÈME. — *Un corps abélien de degré 5 de discriminant* D^4 *est sous-corps du corps circulaire* C (D) *des racines* D^ièmes^ *de l'unité.*

1° *Corps primaire non unitaire :* c'est le corps défini par le polynome $x^5 - 10x^3 + 5x^2 + 10x + 1$; on montre qu'il est sous-corps du corps des racines 25e de l'unité.

2° *Corps primaire unitaire :* son discriminant est p^4, p premier congru à + 1 modulo 5. On considère le sous-corps de degré 5 de C (p) et l'on montre qu'il coïncide avec le précédent.

3° *Cas général.* — On se servira de la propriété suivante : si $Q(\xi_u)$ de discriminant m^4 est sous-corps de $C(m)$, si $Q(\eta_u)$ de discriminant n^4

est sous-corps de $C(n)$ et si $(m, n) = 1$ alors $Q(\theta_u) = Q(\xi_u) \times Q(\eta_u)$ est sous-corps de $C(m \times n)$.

(1) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3618.

(2) A. CHÂTELET, *Ann. scient. Éc. Norm. Sup.*, 63, 1946, p. 135 à 138.

(3) *Cf.* pour les corps quadratiques H. HASSE, *Zahlentheorie. Akad. Verlag*, Berlin, 1949, p. 398 et 399.

(4) Dans ma Note aux *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3618 une erreur s'est glissée à la suite d'une confusion d'indice. Le terme de degré 0 dans le polynome en X s'écrit :

$$- m\left[\sum_{i=1}^{4} \lambda_i^5 \alpha_{2i}^2 \alpha_{3i} \alpha_{4i}^3 + 5\,m \sum_{i=1}^{4} \alpha_i \alpha_{2i} (\lambda_i \lambda_{3i}^2 \lambda_{4i}^2 - \lambda_{3i}^3 \lambda_{2i} \lambda_{4i})\right].$$

ALGÈBRE. — *Sur certaines relations d'équivalence dans un demi-groupe.* Note de M. **Roger Desq**, présentée par M. Gaston Julia.

Les relations d'équivalence étudiées dans cette Note sont liées aux relations d'équivalence principales introduites par P. Dubreil [1], principales bilatères introduites par R. Croisot [2] et à la résiduation faible définie par P. Grillet [3]. La notion de ρ-résidu nous permet d'étendre les résultats de P. Lefebvre aux idéaux quelconques [4].

Notations. — D désignera un demi-groupe, φ représentera le symbole vide. Si K est un complexe de D, l'écriture $a \in K^*$ signifiera que $a \in K$ ou que $a = \varphi$.

Définition 1. — Un complexe de D sera dit *homomorphique à droite* [resp. *homomorphique*] s'il existe une relation d'équivalence régulière à droite [régulière] dans D, admettant ce complexe comme classe.

Définition 2. — Nous noterons :

$K .\cdot a$ l'ensemble des éléments $u \in D^*$ tels que $au \in K$;

$K \cdot. a$ l'ensemble des éléments $u \in D^*$ tels que $ua \in K$;

$K \therefore a$ l'ensemble des couples $(u, v) \in D^* \times D^*$ tels que $uav \in K$.

Remarque. — $K .\cdot a = K \underset{\Sigma}{.\cdot} a$ [3], où Σ désigne la famille des translations à droite.

La famille des complexes homomorphiques à droite est une famille de Moore. Un complexe K étant donné, il existe donc un plus petit complexe homomorphique à droite T qui le contient. Nous avons

$$T = \bigcup_{i=0}^{\infty} K_i, \quad \text{où } K_0 = K, \qquad \mathcal{K}_i = \bigcup_{k \in K} (K_i .\cdot k), \qquad K_{i+1} = \bigcup_{t \in \mathcal{K}_i} K t.$$

Définition 3. — Pour a et $b \in D$, nous écrirons : $a \equiv b (\rho_K)$ si et seulement si $K .\cdot a = K .\cdot b$; $a \equiv b (\rho'_K)$ si et seulement si $K \therefore a = K \therefore b$.

Propriété 1. — α. ρ_K [ρ'_K] *est une relation d'équivalence régulière à droite* [*régulière*].

β. K *est saturé pour* $\rho_K [\rho'_K]$ *et si* $R [R']$ *est une relation d'équivalence régulière à droite* [*régulière*] *pour laquelle* K *soit saturé, nous avons* $R \leqq \rho_K [R' \leqq \rho'_K]$ [3].

γ. *Sur* K *et sur* D — K *nous avons*

$$\rho_K = R_K; \qquad \rho'_K = R_K \cap_K R \cap R'_K \quad (^5).$$

δ. *Si* D *a un élément unité à droite* [*bilatère*], $\rho_K = R_K [\rho'_K = R'_K]$.

Définition 4. — Le ρ-*résidu à droite* $\mathcal{W}_K$ est l'ensemble des $x \in D$ tels que $K .\cdot x$ soit vide. $\mathcal{W}'_K$ désignera le ρ-*résidu bilatère* ($K \therefore x = \Phi$).

Propriété 2. — *Si* $\mathcal{W}_K$ [$\mathcal{W}'_K$] *est non vide, c'est une classe mod* (ρ_K) $[(\rho'_K)]$. *Cette classe est un idéal à droite* [*bilatère*] *égal à*

$$(D - K) \cap W_K \qquad [(D - K) \cap W_K \cap_K W \cap W'_K] \quad (^5).$$

Inversement, tout idéal à droite [bilatère] est le ρ-résidu à droite [bilatère] d'au moins un complexe K *de* D.

PROPRIÉTÉ 3. — *Si* $K \cap W'_K$ *est vide,* $W'_K = \mathfrak{W}'_K$. W_K *vide* $\Leftrightarrow \mathfrak{W}_K$ *vide;* W'_K *vide* $\Leftrightarrow \mathfrak{W}'_K$ *vide.*

PROPRIÉTÉ 4. — *Si* S *est un sous-demi-groupe unitaire à droite [unitaire],*

$$\rho_S = R_S \qquad [\rho'_S = R'_S].$$

PROPRIÉTÉ 5. — K *forme une classe mod* $\rho_K [\rho'_K]$ *si et seulement si* K *est homomorphique à droite [homomorphique]* ([6]).

THÉORÈME 1. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un demi-groupe* D *soit homomorphe à un demi-groupe à noyau est que* D *contienne un complexe homomorphique, b-net* ([5]).

DÉFINITION 4. — Un complexe K est dit :

ρ-fort à droite si $K .\!\cdot a \between K .\!\cdot b \Rightarrow K .\!\cdot a = K .\!\cdot b$;

ρ-fort bilatère si $K \therefore a \between K \therefore b \Rightarrow K \therefore a = K \therefore b$.

THÉORÈME 2. — *Les complexes ρ-forts* (d'un côté ou bilatères) *forment une famille de Moore.*

K étant un complexe, le plus petit complexe ρ-fort à droite $\overline{K}$ contenant K est donné par $\overline{K} = \bigcup_{i=0}^{\infty} K_i$, où $K_0 = K$; K_{i+1} est défini à partir de K_i par

$$au \in K_i; \quad bu \in K_i; \quad av \in K_i \;\Rightarrow\; bv \in K_{i+1}, \qquad \text{avec } a, b \in D;\; u, v \in D^* \quad (^3).$$

Remarque. — En général, ρ-fort à droite n'entraîne pas ρ-fort à gauche.

PROPRIÉTÉ 6. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'un complexe* K *soit ρ-fort bilatère est que* K *soit fort, b-fort, homomorphique et que* ρ'_K *coïncide avec* R_K *sur* $D - W_K$, *avec* ${}_K R$ *sur* $D - {}_K W$, *avec* R'_K *sur* $D - W'_K$.

PROPRIÉTÉ 7. — *Un sous-demi-groupe* S *est ρ-fort à droite [bilatère] si et seulement s'il est fort [b-fort] et unitaire à droite [unitaire].*

THÉORÈME 3. — *Si* $ax \equiv bx\ (\rho_K)$ $[xay \equiv xby\ (\rho'_K)]$, *avec* $x, y \in D^*$; $a, b \in D$; $ax \notin \mathfrak{W}_K$ $[xay \notin \mathfrak{W}'_K]$ *et si* K *est ρ-fort à droite [bilatère], nous avons* $a \equiv b\ (\rho_K)\ [(\rho'_K)]$.

THÉORÈME 4. — K *étant ρ-fort à droite [bilatère], une condition nécessaire et suffisante pour que* ρ_K *soit simplifiable à droite* [ρ'_K *simplifiable*] *est que* $D - \mathfrak{W}_K$ *soit permis à droite dans* D [$\mathfrak{W}'_K$ *vide*].

THÉORÈME 5. — *Soient* K *un complexe ρ-fort à droite [bilatère],* A *une classe d'équivalence mod* $\rho_K [\rho'_K]$ *différente du ρ-résidu; alors* $\mathfrak{W}_K \subseteq \mathfrak{W}_A$, $\rho_K \leqq \rho_A [\mathfrak{W}'_K \subseteq \mathfrak{W}'_A$, $\rho'_K \leqq \rho'_A]$ A *est ρ-fort à droite [bilatère];* ρ_K *et* ρ_A *coïncident sur* $D - \mathfrak{W}_A [\rho'_K$ *et* ρ'_A *sur* $D - \mathfrak{W}'_A]$.

THÉORÈME 6. — α. *Soit* K *un complexe fort,* A *une classe mod* R_K *différente de* W_K, A *est un complexe ρ-fort à droite.*

β. *Soit* K *un complexe b-fort,* A *une classe mod* R'_K *différente de* W'_K, A *est un complexe ρ-fort bilatère.*

γ. *Soit* K *un complexe fort et symétrique,* A *une classe* $\text{mod}\, R (= R_K = {}_K R)$ *différente de* $W (= W_K = {}_K W)$, A *est un complexe ρ-fort bilatère.*

Théorème 7. — *Soit* R *une relation d'équivalence régulière et simplifiable définie dans* D. *Toute classe* K mod R *est un complexe* ρ-*fort bilatère et nous avons* $R \leqq \rho'_K$, R *et* ρ'_K *coïncident sur* $D - \mathfrak{W}'_K$.

Corollaire. — *Une condition nécessaire et suffisante pour que* D *soit homomorphe à un semi-groupe à noyau est que* D *contienne un complexe* ρ-*fort bilatère, b-net.*

Nous allons maintenant étudier l'ensemble des complexes admettant pour ρ-résidu à droite [bilatère] un idéal à droite [bilatère] W donné; et en particulier les éléments minimaux, s'ils existent, de cet ensemble. Ces éléments seront dits ρ-W-minimaux.

Propriété 8. — *Si* K *est un complexe* W-*minimal à droite* (4), K *est* ρ-W-*minimal à droite.*

La notion de ρ-résidu permet d'étendre, sous une forme très voisine, aux idéaux quelconques, les résultats de (4) valables seulement pour les idéaux fortement larges. Nous avons, par exemple :

Théorème 8. — *Pour qu'un complexe* K *ayant pour* ρ-*résidu à droite* W, *soit* ρ-W-*minimal à droite, il faut il et suffit que, pour tout* $k \in K$, *nous ayons*

$$k(K \,.\!\cdot\, k) = \{k\}.$$

Posons $W^{\cdot}.D = W + V$, V est contenu dans tout complexe admettant W pour ρ-résidu à droite.

Théorème 9. — *Soit* D *un demi-groupe admettant des complexes* ρ-W-*minimaux à droite, pour un idéal* W *tel que* $W + V = W^{\cdot}.D$ *soit réflectif. L'ensemble* R *de ces complexes a la structure suivante* :

$$R = V + \overline{\overline{Z}} + \overline{\overline{R}}, \quad \textit{avec} \quad \overline{\overline{R}} = \sum_{\iota \in I} C_\iota, \quad V\overline{\overline{R}} \subseteq W,$$

$$RV \subseteq W + V, \quad \overline{\overline{Z}}R \subseteq W + V, \quad R\overline{\overline{Z}} \subseteq W + V, \quad \overline{\overline{Z}}^2 \subseteq W + V.$$

Les C_ι *sont des demi-groupes simples sommes de leurs idéaux à droite minimaux et* $\forall \iota, \lambda \in I, \iota \neq \lambda$ $C_\iota C_\lambda \subseteq W + V$.

La propriété 8 n'est plus valable pour les complexes W-minimaux bilatères. Pour généraliser les résultats de (4), nous considérons le *pseudo-résidu* $\mathfrak{W}''_K$ d'un complexe K, défini par $\mathfrak{W}''_K = (D - K) \cap W'_K$. $\mathfrak{W}''_K$ possède la propriété suivante : $a \in \mathfrak{W}''_K$ entraîne $xay \in \mathfrak{W}''_K$ pour tout couple $(x, y) \in D \times D$; mais, en général, $\mathfrak{W}''_K$ n'est pas un idéal bilatère. Inversement, un complexe vérifiant la propriété précédente est pseudo-résidu d'au moins un complexe.

Pour les ρ-résidus bilatères et les pseudo-résidus, les résultats de (4), convenablement modifiés, restent valables.

(1) P. Dubreil, *Mém. Acad. Sc.*, 63, 1941, p. 1-52.
(2) R. Croisot, *J. Math. pures et appl.*, 36, 1957, p. 373-417.
(3) P. Grillet, *Équivalences compatibles*, Séminaire Dubreil-Pisot, 1961-1962.
(4) P. Lefebvre, *Thèse*; *Ann. Mat. pura appl.*, 59, 1962, p. 77-164.
(5) R_K, $_KR$, R'_K, W_K, $_KW$, W'_K ont la même signification que dans (1) et (2). *b*-, est mis à la place de bilatèrement-.
(6) M. Teissier, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1987.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Un théorème taubérien avec reste pour la transformée de Stieljes.* Note de M. **Paul Malliavin**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Théorème taubérien relié aux estimations de la répartition asymptotique des valeurs propres.

On notera par σ une mesure positive portée par l'axe réel positif, par S (z) sa transformée de Stieljes,

$$S(z)=\int_0^{+\infty}\frac{d\sigma(t)}{z-t}.$$

Supposant connu un développement asymptotique de S (z) sur un ensemble E du plan complexe z, quelle information peut-on en obtenir sur celui de

$$\sigma(x)=\int_0^x d\sigma(t) \quad ?$$

Si E est l'axe réel négatif, on obtient de façon classique la partie principale de $\sigma(x)$. Le reste qu'on peut obtenir est de l'ordre de la partie principale divisée par $\log x$. Ce résultat n'est pas amélioré si l'on suppose que E est un angle de la forme $|\arg z| > h > 0$. On se propose ici d'indiquer que la situation devient différente avec des hypothèses sur E plus fortes. On a :

Théorème. — *Soient* α, β, γ, *trois nombres réels donnés, tels que* $-1 < \alpha < 0$, $\beta < \alpha$, $0 \leqq \gamma < 1$. *Soit*

$$\theta=\max\{\beta+1,\ \alpha+\gamma\},$$

$$a(\alpha)=\frac{\pi}{\sin\pi\alpha}(\alpha+1)\,e^{-i\pi\alpha}.$$

Notons par Γ *la courbe*

$$y=\pm x^{\gamma},\qquad x>0\qquad (z=x+iy).$$

Alors l'hypothèse

$$S(z)=a(\alpha)z^{\alpha}+O(z^{\beta})\qquad z\in\Gamma,\qquad z\to\infty\qquad (\text{où } 0<\arg z<2\pi),$$

entraîne :

Si $\theta \geqq 0$, *que, quel que soit* $\varepsilon > 0$, *on ait*

$$\sigma(x)=x^{\alpha+1}+O(x^{\theta+\varepsilon});$$

Si $\theta < 0$, *qu'il existe une constante* A *telle que, quel que soit* $\varepsilon > 0$, *on ait*

$$\sigma(x)=x^{\alpha+1}+A+O(x^{\theta+\varepsilon}).$$

La démonstration de ce théorème donne également la proposition suivante qui fournit une majoration de la multiplicité d'une valeur propre.

Proposition. — $\{R_n\}$, $\{R'_n\}$ *étant deux suites données*, δ_n *étant une suite tendant vers* $+\infty$, $2\delta_n < R'_n - R_n$, *notons par*

$$\Omega = \{z \mid R_n < |z| < R'_n\},$$
$$\Omega_1 = \{x \mid x > 0, \quad R_n + \delta_n < x < R'_n - \delta_n\}.$$

Supposons que

$$S(z) = O(z^{\alpha}), \qquad z \in \Gamma \cap \Omega.$$

Alors on a, quel que soit $\varepsilon > 0$,

$$\sigma(x + x^{\gamma}) - \sigma(x) = O(x^{\alpha+\gamma+\varepsilon}), \qquad x \in \Omega_1.$$

Les démonstrations seront publiées ailleurs.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Espaces vectoriels de fonctions pseudo-aléatoires.* Note (*) de M. **Jean Bass**, présentée par M. Maurice Fréchet.

1. Soit B_2 l'espace des fonctions complexes $f(t)$ telles que

$$\limsup_{T} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} |f(t)|^2 \, dt$$

soit fini (espace de Besicovitch). B_2 est un espace vectoriel.

Soit P l'espace des fonctions complexes $f(t)$ telles que la moyenne

$$\lim_{T \to \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} |f(t)|^2 \, dt$$

existe. P n'est pas un espace vectoriel.

Soit E un sous-espace vectoriel de P. On introduit l'opérateur de moyenne

(1) $$\mathfrak{M}(\quad) = \lim_{T \to \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^{T} (\quad)\, dt$$

et l'on choisit dans E la topologie définie par une norme $\|f\|$ telle que $\|f\|^2 = \mathfrak{M}|f|^2$.

On fait en outre l'hypothèse que, avec $f(t)$, E contient toutes les translatées $f(t+h)$ de $f(t)$. On sait ([1]) qu'on peut alors associer à $f(t)$ une fonction spectrale (locale) $Y(t, \Delta)$ telle que

(2) $$f(t+h) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{2i\pi\omega h}\, Y(t, d\omega),$$

l'intégrale étant définie en norme dans E. $Y(t, \Delta)$ est telle que

$$\mathfrak{M}[\overline{Y}(t, \Delta)\, Y(t+h, \Delta')] = \int_{\Delta \cap \Delta'} e^{2i\pi\omega h}\, d\sigma(\omega),$$

où σ est une fonction bornée non décroissante.

2. Je me propose dans cette Note de définir l'intégrale

(3) $$J(c) = g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} c(\omega)\, Y(t, d\omega),$$

où $c(\omega) \in L^2(\sigma)$, espace des fonctions de carré sommable relativement à la mesure σ.

On opère comme dans la théorie des fonctions aléatoires de second ordre ([2]).

Premier cas : $c(\omega)$ est borné. — $c(\omega)$ est alors la limite uniforme d'une suite $c_n(\omega)$ de fonctions mesurables étagées, pour lesquelles l'intégrale (3) se définit immédiatement. L'inégalité

$$\| J(c_p) - J(c_n) \|^2 \leq \varepsilon^2 \int_{-\infty}^{+\infty} d\sigma(\omega),$$

où p et n sont choisis assez grands pour que $|c_p(\omega) - c_n(\omega)| < \varepsilon$, montre que la suite J (c_n) est une suite de Cauchy. D'après un théorème connu ([1]), cette suite admet une limite appartenant à E (ou prolongeant E), et qui ne dépend pas de la suite c_n choisie.

Second cas : $c(\omega)$ n'est pas bornée. — On désigne par R_n l'ensemble des ω tels que

$$n \leq |c(\omega)| < n+1,$$

R_n est mesurable et les R_n sont deux à deux disjoints. On pose

$$J(c) = \sum_n \int_{R_n} c(\omega)\, Y(t, d\omega).$$

On démontre facilement que la série du second membre est convergente et que sa somme ne dépend pas du découpage choisi.

3. Propriétés de l'intégrale. — Ce sont d'abord des propriétés linéaires usuelles. La fonction $g(t)$ définie par (3) appartient à E (ou prolonge E).

En ce qui concerne les propriétés moyennes, on a

$$\gamma(h) = \mathfrak{M}[\bar{g}(t)\, g(t+h)] = \int_{-\infty}^{+\infty} |c(\omega)|^2 e^{2i\pi\omega h}\, d\sigma(\omega), \tag{4}$$

$\gamma(h)$ est la fonction de corrélation de g.

Si g_1 et g_2 sont les transformées de c_1 et c_2 relativement à la même fonction spectrale $Y(t, \Delta)$, on a plus généralement

$$\mathfrak{M}\bar{g}_1 g_2 = \int_{-\infty}^{+\infty} \bar{c}_1(\omega)\, c_2(\omega)\, d\sigma(\omega).$$

4. Supposons $Y(t, \Delta)$ donnée. A l'ensemble des fonctions $c(\omega) \in L^2(\sigma)$, la formule (3) fait correspondre un espace vectoriel E de fonctions.

L'espace E *est complet.* En effet, la formule

$$\mathfrak{M}|g_n - g_p|^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} |c_n(\omega) - c_p(\omega)|^2\, d\sigma(\omega)$$

montre que toute suite de Cauchy dans E équivaut à une suite de Cauchy dans L^2. Or on sait ([1]) qu'une suite de Cauchy dans E converge vers une fonction $g(t)$, qui appartient à E ou qui prolonge E. Mais la suite C_n correspondante tend vers une limite $c(\omega)$ dans L^2.

L'inégalité

$$\left\| g - \int_{-\infty}^{+\infty} c(\omega)\, Y(t, d\omega) \right\| \leq \|g - g_n\| + \left\| g_n - \int_{-\infty}^{+\infty} c_n(\omega)\, Y(t, d\omega) \right\| + \left\| \int_{-\infty}^{+\infty} [c_n(\omega) - c(\omega)]\, Y(t, d\omega) \right\|$$

montre qu'on peut choisir n assez grand pour que le premier membre soit arbitrairement petit. On a donc bien

$$g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} c(\omega)\, Y(t, d\omega).$$

On remarquera que E, tout en étant complet, peut cependant être prolongé par des fonctions qui ne sont pas de la forme (3). Les divers prolongements possibles peuvent constituer des espaces vectoriels distincts, contenant tous E. Par exemple la fonction $Y(t, \Delta)$ égale à $e^{2i\pi t}$ ou à o, suivant que Δ contient ou non $\omega = 1$, est une fonction spectrale. L'intégrale (3) est égale à la fonction $g = c(1)\, e^{2i\pi t}$. Pour l'ensemble des constante $c(1)$, on a un espace vectoriel E. E peut être prolongé par la fonction $g_1(t) = 1$, et par la fonction $g_2 = \exp(i \log t)$. Mais g, g_1, g_2 n'appartiennent pas à un même sous-espace vectoriel de l'espace P.

5. Cas des fonctions pseudo-aléatoires. — Supposons que

$$(5) \qquad \sigma(\omega) = \int_{-\infty}^{\omega} \sigma'(u)\, du.$$

$g(t)$ est alors une *fonction pseudo-aléatoire* [3] à spectre absolument continu. Sa fonction de corrélation a pour expression

$$(6) \qquad \gamma(h) = \int_{-\infty}^{\infty} e^{2i\pi\omega h}\, \psi(\omega)\, d\omega,$$

où $\psi(\omega) = |c(\omega)|^2 \sigma'(\omega)$ est une fonction non négative, sommable suivant la mesure de Lebesgue. Si l'on désigne par

$$\Psi(s) = \int_{-\infty}^{\infty} c(\omega) \sqrt{\sigma'(\omega)}\, e^{i\pi\omega s}\, d\omega,$$

la transformée de Fourier de $\sqrt{\psi(\omega)}$ dans L^2 (relativement à la mesure ordinaire de Lebesgue), on a, d'après la formule de Parseval;

$$\int_{-\infty}^{\infty} \overline{\Psi}(s)\, \Psi(s+h)\, ds = \int_{-\infty}^{\infty} \psi(\omega)\, e^{2i\pi\omega h}\, d\omega = \gamma(h),$$

ce qui fournit une nouvelle expression de $\gamma(h)$, dont la forme est classique en analyse aléatoire.

6. $\sigma'(\omega)$ étant choisie, on peut déterminer $c(\omega)$ de manière à identifier $\psi(\omega) = |c(\omega)|^2 \sigma'(\omega)$ avec une fonction sommable donnée à l'avance. Une fonction spectrale $Y(t, \Delta)$ étant choisie, on peut donc trouver une fonction pseudo-aléatoire $g(t)$, définie par une intégrale du type (3), ayant une fonction de corrélation donnée (à spectre absolument continu).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

[1] *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3072.

[2] *Cf.* par exemple K. Karhunen, *Ann. Acad. Sc. Fennicæ*, A, 37, 1947.

[3] *Bull. Soc. math. Fr.*, 87, 1959, p. 1 à 64.

CINÉMATIQUE. — *Anamorphose par élimination paramétrique.* Note (*) de M. **Francis Myard**, présentée par M. Albert Caquot.

L'auteur montre comment obtenir le tracé graphique de la fonction $f(xy) = 0$ définie par les courbes $y = \varphi(t)$ et $x = \psi(t)$.

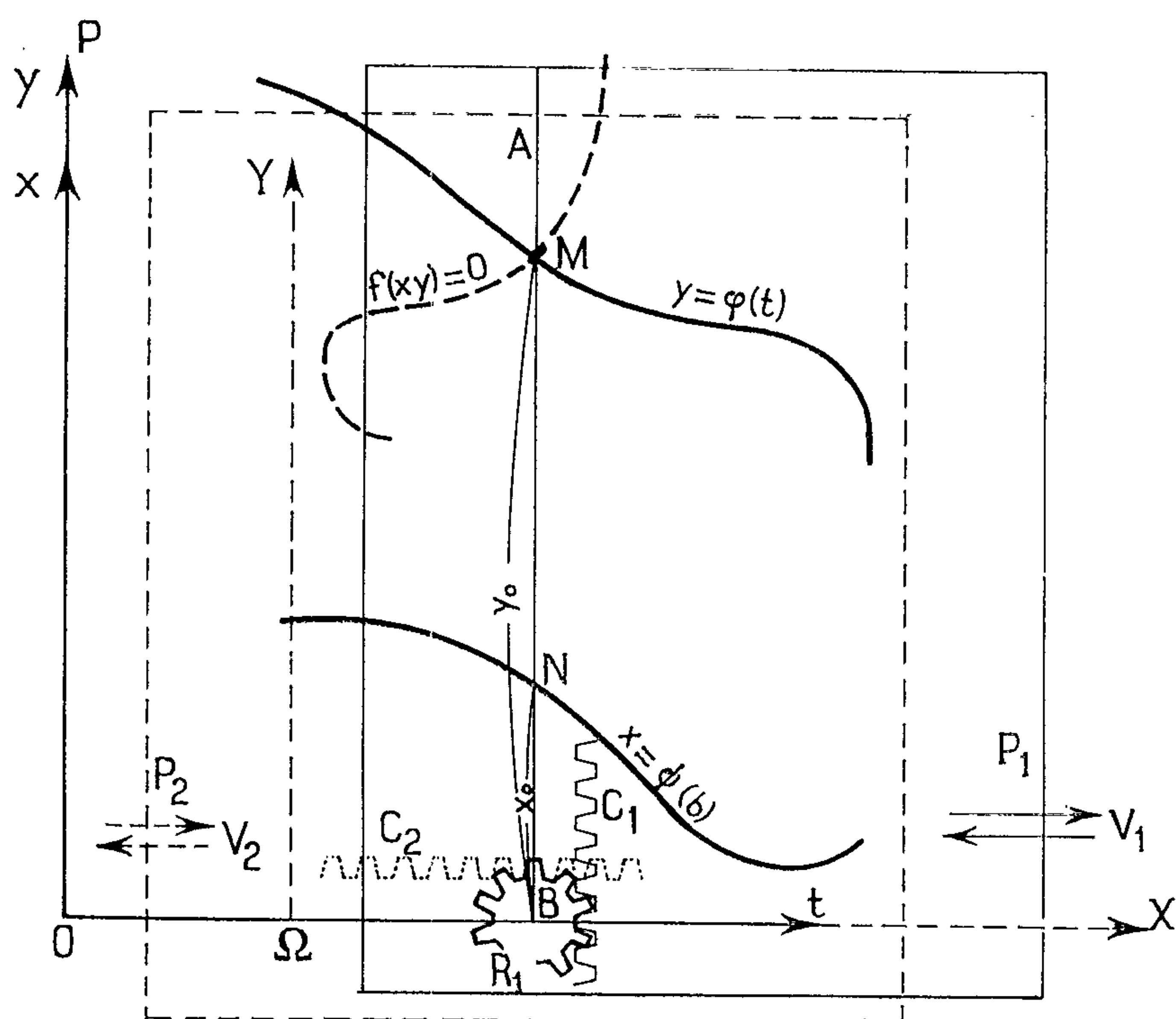
Soient, dans le plan immobile de figure P, les deux courbes paramétriques $y = \varphi(t)$ et $x = \psi(t)$. Considérons le plan mobile P_1 parallèle à P (ou confondu avec lui) et susceptible de se déplacer, par translations, dans le sens des vecteurs $\overrightarrow{V}_1$ (c'est-à-dire parallèlement à Ot). Considérons les deux points M et N placés constamment sur une même droite AB liée invariablement au plan glissant P_1 et perpendiculaire à la direction $\overrightarrow{V}_1$; chacun des points M et N étant assujetti, durant le mouvement, à demeurer respectivement sur sa courbe fixe correspondante $\varphi(t)$ et $\psi(t)$. Considérons, en troisième lieu, le plan P_2 situé dans le plan P_1 et entraîné avec lui dans les translations générales $\overrightarrow{V}_1$ de celui-ci; mais ce plan P_2 recevant, en outre, et par rapport à P_1, des translations relatives $\overrightarrow{V}_2$ parallèles à $\overrightarrow{V}_1$. Et fixons dans le plan P_2 un système de coordonnées cartésiennes ΩXY de façon qu'à cet instant originel quelconque il ait une position telle que l'abscisse ΩB soit égale à l'ordonnée x_0 = NB.

Enfin, envisageons la présence d'une crémaillère C_1 se trouvant liée, par construction, au point N, et transmettant, au plan P_2, ses propres translations, mais en quadrature; et cela, par l'intermédiaire du pignon R_1 (de centre B solidaire de P_1) et de la crémaillère C_2 liée, par construction, au point Ω (donc, au plan P_2 contenant le système axial ΩXY).

Dès lors, il est aisé de comprendre ceci : Les translations $\overrightarrow{V}_1$ de P_1 se traduisant par les mouvements simultanés et respectifs de M sur $\varphi(t)$ et de N sur $\psi(t)$, on voit que l'abscisse variable ΩB de la droite AB par rapport au système ΩXY va s'établir constamment de manière à posséder des valeurs successives qui sont toujours égales aux ordonnées successives correspondantes de N sur $\psi(t)$. Si donc le point M peut laisser, en projection, la trace de ses déplacements sur le plan P_2, cette courbe ainsi résultante (qui se dessine dans le système axial ΩXY) traduira graphiquement la fonction $f(x, y) = 0$ puisque l'ordonnée et l'abscisse de chacun de ses points proviennent, chaque fois, d'une même et nouvelle valeur du paramètre t (dont l'élimination s'exerce, ainsi, automatiquement).

On imagine facilement la réalisation d'un appareil conduisant à un tel résultat. Ce mécanisme pourra, par exemple, comporter un châssis convenablement posé sur le plan P de figure où seront dessinées les courbes $y = \varphi(t)$ et $x = \psi(t)$; tandis qu'un équipage mobile matérialisant le plan P_1 et

glissant sur ce châssis recevra les translations $\overleftarrow{\overrightarrow{V}}_1$. Deux tiges coulissantes solidaires de cet équipage et orientées parallèlement à Oy matérialiseront, en projection, la droite AB au moyen des index ou curseurs M et N correspondants dont chacune se trouve munie respectivement. Et ce même équipage P_1 servira de support et chemin de glissement (en vue des translations $\overleftarrow{\overrightarrow{V}}_2$) à un second équipage mobile matérialisant P_2 et lié à P_1 par



l'intermédiaire du pignon R_1 et des crémaillères C_1 et C_2 (comme prévu ci-dessus). L'opérateur n'aura donc qu'à faire glisser l'équipage P_1 tout en maintenant, d'une main, le curseur M sur la courbe $\varphi(t)$; et, de l'autre main, le curseur N sur la courbe $\psi(t)$. Un stylet traceur, confondu en projection avec M décrira, dans ces conditions, la courbe $f(x, y) = 0$ sur le plan de figure. Mais évidemment la confusion (en projection) du stylet et de M n'est pas obligatoire. Il suffit que ces deux points soient de position *relative* géométrique invariable; le système axial ΩXY étant, bien entendu, disposé en conséquence.

(*) Séance du 22 octobre 1962.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur certains régimes variables de l'écoulement laminaire d'un fluide incompressible entre deux plans parallèles.* Note (*) de M. **Jean-Laurent Peube**, transmise par M. Léopold Escande.

Soit un système d'axes rectangulaires $Oxyz$, et les deux plans indéfinis d'équations $y = \pm l$, entre lesquels s'écoule un fluide incompressible de masse volumique ρ et de viscosité μ. Supposons que la seule composante non nulle $u(y, t)$ de la vitesse soit parallèle à Ox.

On sait que la vitesse $u(y, t)$ et la pression motrice p^* ($p^* = p + \rho g h$, où p, g et h désignent respectivement la pression, l'accélération de la pesanteur et l'altitude) sont reliées par

$$\frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{1}{\rho}\frac{\partial p^*}{\partial x}, \tag{1}$$

$(1/\rho)(\partial p^*/\partial x)$ ne peut être fonction que de t (les autres équations de Navier se réduisent alors à $\partial p^*/\partial y = \partial p^*/\partial z = 0$), soit $(1/\rho)(\partial p^*/\partial x) = f(t)$.

Cherchons pour $u(y, t)$ des solutions de la forme

$$u(y, t) = u_1(y)\, u_2(t). \tag{2}$$

L'équation (1) s'écrit

$$\frac{\mu}{\rho} u_2(t) \frac{d^2 u_1(y)}{dy^2} - u_1(y) \frac{du_2(t)}{dt} = f(t). \tag{3}$$

On montre facilement à partir de (3) que u_2 et du_2/dt sont proportionnelles :

$$\frac{du_2}{dt} = C u_2 \quad (C \text{ étant une constante quelconque}).$$

On a alors $u_2 = e^{Ct}$.

(La constante multiplicative a été prise égale à 1 dans l'intégration précédente puisque u_1 est encore indéterminée.)

L'équation (3) montre que $f(t)$ est proportionnelle à e^{Ct} :

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p^*}{\partial x} = f(t) = -K e^{Ct} \quad (K \text{ étant une constante}). \tag{4}$$

L'équation (3) s'écrit alors en remplaçant $f(t)$ et $u_2(t)$ par leurs valeurs

$$\frac{\mu}{\rho}\frac{d^2 u_1}{dy^2} - C u_1 = -K. \tag{5}$$

Supposons que les deux plans soient fixes ; on doit avoir les conditions aux limites suivantes :

$$u_1(l) = u_1(-l) = 0. \tag{6}$$

L'intégration de (5) conduit à diverses formes de solutions suivant que C est positif ou négatif.

Premier cas. — La valeur absolue du gradient de pression croît avec le temps : $C > 0$.

On trouve après avoir exprimé les conditions (6) :

$$(7)\quad u(y, t) = -\frac{\frac{\partial p^*}{\partial x}}{\rho C \operatorname{ch}\sqrt{\frac{\rho C}{\mu}}\, l}\left[\operatorname{ch}\sqrt{\frac{\rho C}{\mu}}\, l - \operatorname{ch}\sqrt{\frac{\rho C}{\mu}}\, y\right] \quad \text{avec} \quad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p^*}{\partial x} = -K e^{Ct}.$$

Le profil des vitesses est ici une chaînette.

Deuxième cas. — Le gradient de pression décroît en valeur absolue avec le temps : $C < 0$.

Posons $C' = -C$.

La solution s'écrit alors, si $\sqrt{(\rho C'/\mu)}\, l \neq k\,\pi/2$ (k entier quelconque)

$$(8)\quad u(y, t) = \frac{\frac{\partial p^*}{\partial x}}{\rho C' \cos\sqrt{\frac{\rho C'}{\mu}}\, l}\left[\cos\sqrt{\frac{\rho C'}{\mu}}\, y - \cos\sqrt{\frac{\rho C'}{\mu}}\, l\right] \quad \text{avec} \quad \frac{1}{\rho}\frac{\partial p^*}{\partial x} = -K e^{-C't}.$$

Si $\sqrt{(\rho C'/\mu)}\, l > \pi$ la solution précédente présente simultanément des points où la vitesse est positive et d'autres où elle est négative. Ce fait n'a aucune interprétation physique, car le régime transitoire devient alors très important, et il faut tenir compte de la répartition initiale des vitesses au temps $t = 0$.

Il existe deux cas singuliers :

a. $\sqrt{(\rho C'/\mu)}\, l = (\pi/2) + k\pi$: L'équation (5) n'admet pas de solution de la forme (2) et vérifiant les conditions aux limites (6) si $\partial p^*/\partial x \neq 0$.

Au contraire, si $\partial p^*/\partial x = 0$, on retrouve alors les solutions fondamentales de l'équation de la chaleur à une dimension.

b. $\sqrt{(\rho C'/\mu)}\, l = k\pi$: L'équation (5) admet une infinité de solutions vérifiant (6) :

$$u(y, t) = -\frac{1}{\rho C'}\frac{\partial p^*}{\partial x}\left[(-1)^k \cos\frac{k\pi y}{l} + A \sin\frac{k\pi y}{l} - 1\right],$$

où A est une constante arbitraire.

L'interprétation de ces cas singuliers, en tenant compte de la répartition initiale des vitesses au temps $t = 0$, est en cours et sera publiée ultérieurement.

Lorsque $\sqrt{(\rho C'/\mu)}\, l \ll 1$ [resp. $\sqrt{(\rho C/\mu)}\, l \ll 1$], on effectue un développement limité de $\cos\sqrt{(\rho C'/\mu)}\, l$ [resp. $\operatorname{ch}\sqrt{(\rho C/\mu)}\, l$] et l'on trouve la formule simplifiée suivante valable pour les deux cas généraux :

$$(9)\quad u(y, t) = -\frac{1}{2\mu}\frac{\partial p^*}{\partial x}(l^2 - y^2).$$

Cette expression approchée est identique à celle obtenue rigoureusement dans le cas d'un écoulement permanent ($\partial p^\star/\partial x$ constant). Les termes négligés dans les développements limités ci-dessus sont de l'ordre de grandeur de $\rho^2 C^2 l^4/(4!)\mu$ et l'erreur relative sur la vitesse (et par suite sur le débit) est de l'ordre de grandeur de $\rho C l^2/6\mu$.

De manière générale, on peut penser que la loi (9) sera applicable en régime variable si l'on a

$$\frac{\rho l^2}{\mu \dfrac{\partial p^\star}{\partial x}} \frac{\partial}{\partial t}\left(\frac{\partial p^\star}{\partial x}\right) = \frac{\rho l^2}{\mu \Delta p^\star} \frac{\partial(\Delta p^\star)}{\partial t} \ll 1,$$

$\Delta p^\star$ étant la différence de pression motrice entre deux sections droites données.

(*) Séance du 22 octobre 1962.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Tourbillon rectiligne dans un fluide à viscosité non linéaire.* Note (*) de M. **S. K. Lakshmana Rao**, présentée par M. Joseph Kampé de Fériet.

Dans son Mémoire célèbre sur les mouvements tourbillonnaires, H. Helmholtz étudie le mouvement potentiel d'un fluide parfait autour d'un noyau tourbillonnaire et il établit trois théorèmes fondamentaux. Un théorème fondamental concernant la constance de la circulation autour d'un noyau tourbillonnaire a été donné par Lord Kelvin. Pour expliquer la décroissance des tourbillons, on doit faire entrer en jeu la viscosité du fluide et dans cet ordre d'idées la solution non permanente d'Oseen [*cf.* ([1])] est bien connue.

Récemment Albert de Neufville ([2]) a obtenu les solutions suivantes des équations de Navier-Stokes. Soient v_r, v_θ, v_z les composantes de la vitesse dans le système de coordonnées cylindriques r, θ, z et ω_r, ω_θ, ω_z celles du tourbillon dans le même système. Les solutions d'Albert de Neufville sont données par les relations suivantes :

$$(1)\qquad v_r = 0, \qquad v_\theta = \sqrt{\frac{\nu}{t}}\,\frac{t_0^n}{t^n}\,e^{-x}\sqrt{x}\,\mathrm{L}_{n-1}^{(1)}(x), \qquad v_z = 0 \qquad (n = 0, 1, 2, \ldots),$$

où les symboles $\mathrm{L}_n^{(\alpha)}(x)$ désignent les polynomes de Laguerre et où l'on a posé $x = r^2/4\nu t$. Le tourbillon est donné par les relations

$$\omega_r = 0, \qquad \omega_\theta = 0, \qquad \omega_z = \frac{t_0^n}{t^{n+1}}\,e^{-x}\,\mathrm{L}_n^{(0)}(x).$$

Cette famille de solutions comprend la solution d'Oseen comme cas particulier quand $n = 0$ (le polynome de Laguerre est remplacé, dans ce cas, par une fonction de Laguerre) et représente le mouvement dû à un tourbillon rectiligne placé le long de l'axe Oz; dans ce mouvement, il existe n couches, les sens de rotation étant différents dans deux couches adjacentes. Le sens de rotation change $n - 1$ fois et la circulation est nulle à l'infini pour toutes les solutions et pour toute valeur finie de t. L'axe Oz est une ligne singulière et à l'instant initial, en dehors de cet axe, la vitesse et le tourbillon sont nuls partout. Le tourbillon se diffuse dans tout l'espace et quand t croît, la vitesse et le tourbillon tendent vers zéro pour toute valeur finie de r.

Les résultats qui précèdent relatifs à un tourbillon rectiligne sont modifiés si l'on considère l'écoulement dû à la superposition d'un point de stagnation sur l'axe Oz et d'un tourbillon rectiligne, écoulement dont le champ des vitesses est donné par les relations [*cf.* ([3])] :

$$(2)\qquad v_r = -ar, \qquad v_\theta = v(r, t), \qquad v_z = 2(az + c).$$

Dans la présente Note, nous nous proposons d'examiner le mouvement de révolution dû à un tourbillon rectiligne placé sur l'axe Oz dans le cas d'un fluide visqueux non newtonien pour lequel la relation constitutive non linéaire entre les composantes t_{ij} du tenseur des efforts et les composantes $d_{ij} = (1/2)(u_{i,j} + u_{j,i})$ du tenseur des vitesses de déformation est la suivante :

$$t_{ij} = -p\,\delta_{ij} + 2\mu\, d_{ij} + 2\mu_c\, d_{i\alpha}\, d_{\alpha j}. \tag{3}$$

Le coefficient de viscosité μ et le second coefficient de viscosité μ_c sont supposés constants. Nous allons voir *que le champ des vitesses n'est pas modifié par le second coefficient de viscosité, et que la seule modification a lieu dans le champ des pressions.*

Considérons un champ des vitesses dont les composantes sont de la forme

$$v_r = 0, \qquad v = v_\theta(r, t), \qquad v_z = 0; \tag{4}$$

la seule composante non nulle du tenseur des vitesses de déformation est $d_{r\theta} = (1/2)[(\partial v/\partial r) - (v/r)]$, et, par conséquent, les composantes non nulles du tenseur des efforts sont les suivantes :

$$\left\{\begin{aligned} & t_{rr} = t_{\theta\theta} = -p + \frac{1}{2}\mu_c\left(\frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}\right)^2, \qquad t_{zz} = -p, \\ & t_{r\theta} = \mu\left(\frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}\right). \end{aligned}\right. \tag{5}$$

Les équations du mouvement prennent la forme

$$\rho\frac{v^2}{r} = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{2}\mu_c\frac{\partial}{\partial r}\left[\left(\frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}\right)^2\right], \tag{6.1}$$

$$\rho\frac{\partial v}{\partial t} = \mu\left(\frac{\partial}{\partial r} + \frac{2}{r}\right)\left(\frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}\right), \tag{6.2}$$

$$0 = \frac{\partial p}{\partial z}. \tag{6.3}$$

L'équation (6.2) permet de déterminer la fonction $v(r, t)$ et les deux autres équations assurent la détermination de la pression. On voit que l'équation satisfaite dans le cas actuel par $v(r, t)$ est identique à celle qu'on obtient dans le cas de la viscosité linéaire. La non-linéarité de la viscosité n'intervient que dans l'expression de la pression qui est donnée par la relation

$$p = \rho\int\frac{v^2}{r}\,dr + \frac{1}{2}\mu_c\left(\frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r}\right)^2. \tag{7}$$

Dans le cas du mouvement résultant de la superposition d'un tourbillon rectiligne et d'un point de stagnation, on peut montrer que le second coefficient de viscosité modifie le champ des vitesses également [*cf.* (1)].

L'équation (6.2) peut être mise sous la forme suivante :

$$\frac{\partial v}{\partial t} = \nu\left(\frac{\partial^2 v}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial v}{\partial r} - \frac{v}{r^2}\right). \tag{8}$$

Outre les solutions permanentes : $v = ar$, $v = b/r$, cette équation a des solutions non permanentes de la forme

$$(9) \qquad v(r, t) = A J_1(\lambda r)\, e^{-\nu\lambda^2 t},$$

où J_1 est la fonction de Bessel de première espèce et d'ordre 1 et où A et λ sont des constantes réelles arbitraires. Ces solutions appartiennent à la classe de solutions du type analysé par V. Trkal, J. Kampé de Fériet, A. R. Berker et d'autres [*cf.* (5), p. 183] et la solution montre que la décroissance du tourbillon est exactement la même que dans le cas de la viscosité linéaire. Tout comme dans le cas d'un fluide newtonien, la vitesse et le tourbillon sont donnés par les relations suivantes :

$$(10) \qquad v = \sqrt{\frac{\nu}{t}}\, \frac{t_0^n}{t^n}\, e^{-x} \sqrt{x}\, L_{n-1}^{(1)}(x), \qquad \omega_z = \frac{t_0^n}{t^{n+1}}\, e^{-x} L_n^{(0)}(x).$$

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) C. W. Oseen, *Hydrodynamik*, Leipzig, 1927.

(2) Al. de Neufville, *The dying vortex* (*Proc. Fifth Midwestern Conference on Fluid mechanics*, 1957, p. 365-375).

(3) S. K. Lakshmana Rao, *Proc. Roy. Irish Acad.*, 62, A, 1961.

(4) S. K. Lakshmana Rao, *Axisymmetric solutions of the equations of motion of non-linear viscous flows* (In the course of publication).

(5) C. Truesdell, *Journ. Rational Mechanics and Analysis*, 2, 1953, p. 173-217.

HYDRAULIQUE. — *Remarques géométriques sur la répartition des vitesses d'un écoulement potentiel uniforme plan indéfini, autour d'un cylindre.* Note (*) de MM. **Jean Méric** et **Christian Truchasson**, présentée par M. Léopold Escande.

1. Construction géométrique des lignes de courant a la règle et au compas (*fig.* 1). — A *Équations.* — La solution mathématique est

$$V_0 = -\frac{i_0}{\gamma_0}\rho\cos\theta \quad \text{dans le milieu initial,}$$

$$V_1 = -\frac{i_0}{\gamma_1}\rho\cos\theta - \frac{i_0}{\gamma_1}\frac{a^2}{\rho^2}\cos\theta \quad \text{dans le milieu perturbé.}$$

L'équation polaire de la ligne de courant est caractérisée par l'ordonnée Y_∞ de son asymptote :

$$Y_\infty = \sin\theta\left(\rho - \frac{a^2}{\rho}\right).$$

B. *Construction géométrique du point courant.* — Cherchons le point M d'argument θ, sur la ligne de courant (Y_∞). Traçons le cercle de centre O et de rayon a. Menons la droite (Δ) d'argument θ dont l'ordonnée à l'origine est $Y_\infty/2$.

Portons $O\mu$ d'argument θ qui coupe (Δ) en Ω. Soit $\nu\nu'$ le diamètre perpendiculaire en O à $O\mu$. Le cercle de centre Ω et de rayon $\Omega\nu$ coupe $O\mu$ en M.

C. *Construction de la tangente :*

$$\vec{T} = k\left[1 + \frac{a^2}{\rho^2}e^{i(\pi+2\theta)}\right].$$

La grandeur a^2/ρ est Om, d'où le tracé aisé de la tangente à la règle et au compas, en prenant $k = \rho$.

2. Construction géométrique a la règle et au compas des courbes isovitesses (*fig.* 2). — A. *Équations* (ε). — Une courbe isovitesse (ε) est le lieu des points de l'espace où les particules fluides ont la même énergie cinétique :

$$(\varepsilon) \qquad \varepsilon = \frac{a^4}{\rho^4} - \frac{2a^2}{\rho^2}\cos 2\theta.$$

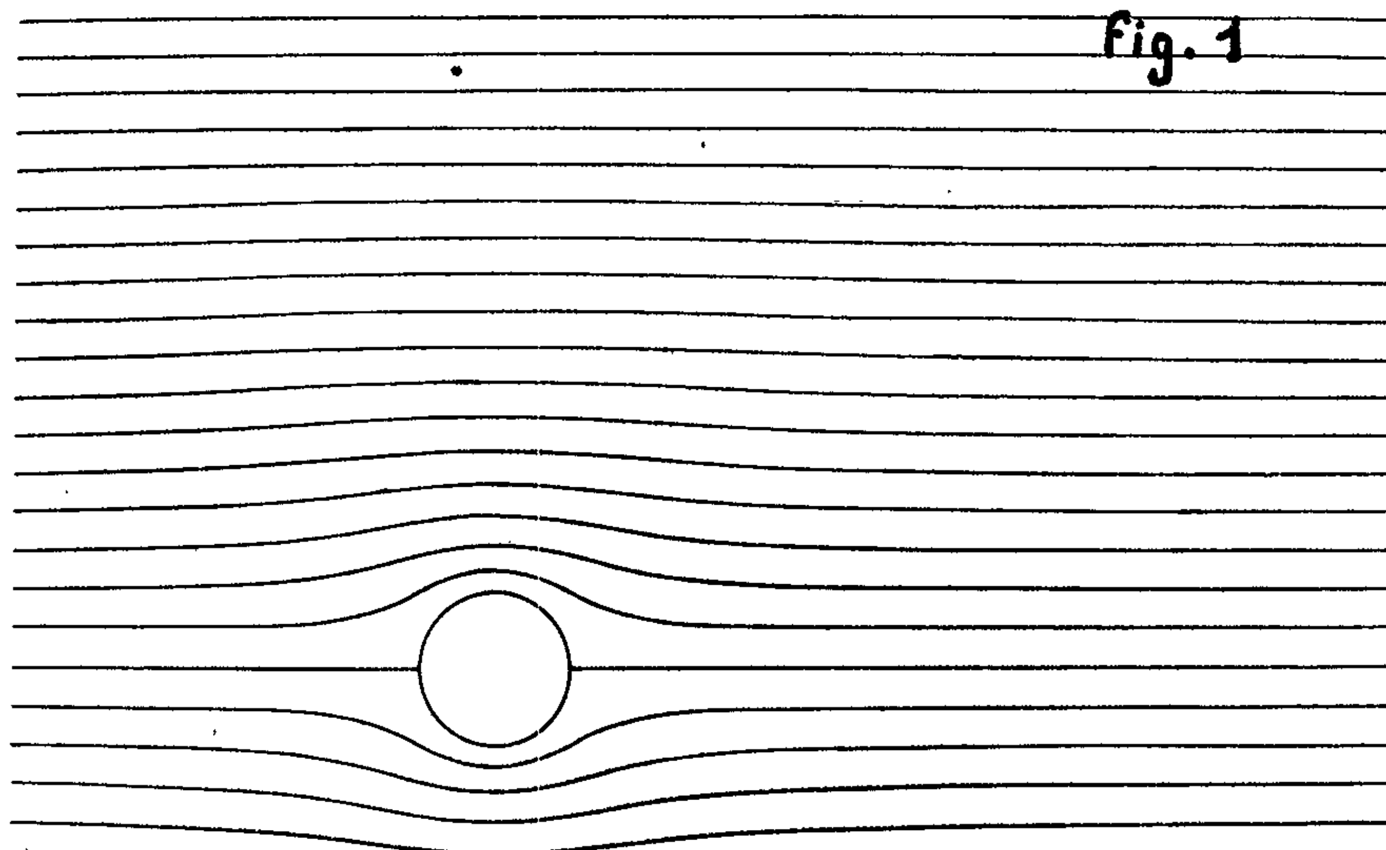
B. *Construction géométrique.* — Posons $R = \rho^2$ et $\varphi = 2\theta$. Dans le plan $(R;\varphi)$ la courbe (ε) devient (C) :

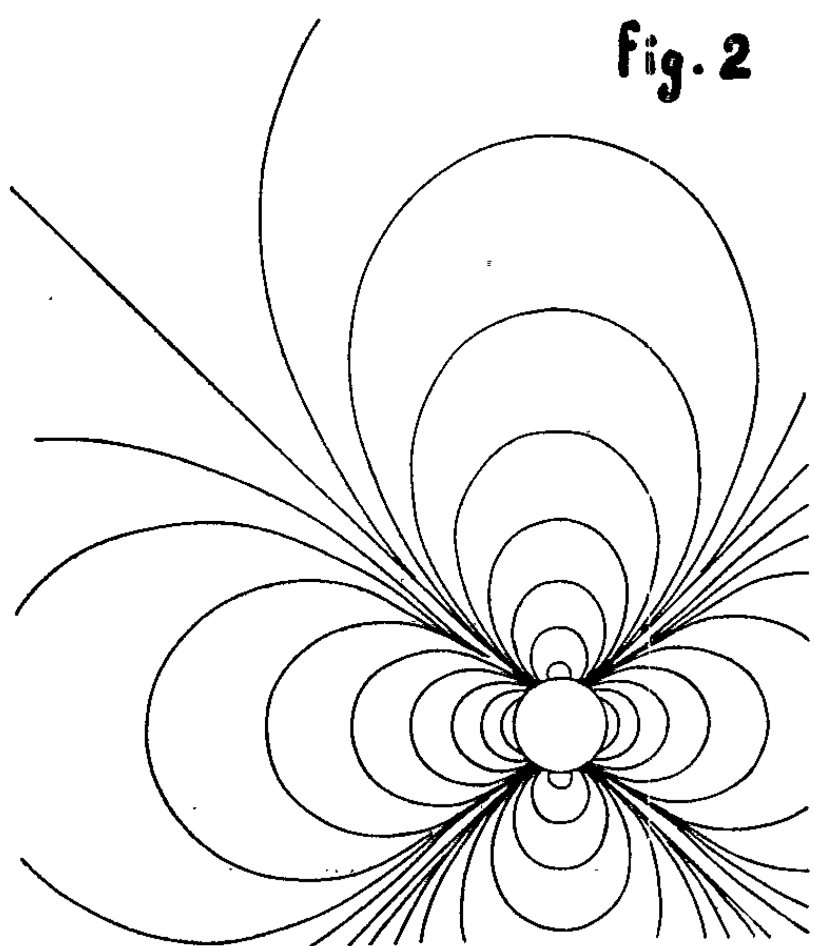
$$(C) \qquad \varepsilon = \frac{a^4}{R^2} - \frac{2a^2}{R}\cos\varphi.$$

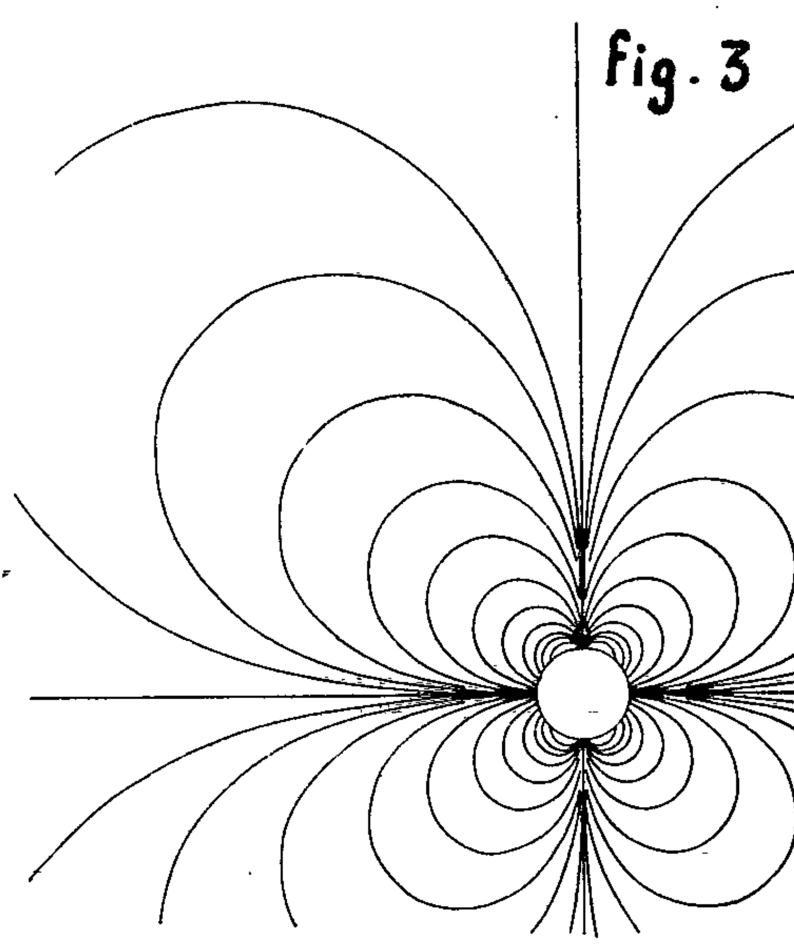
C'est le cercle de centre $\omega\,(-a^2/\varepsilon;\,O)$ et de rayon $(a^2/\varepsilon)\sqrt{1+\varepsilon}$.

La courbe (ε) est donc la transformée du cercle (C) dans la transformation $\rho^2 = R$ et $2\theta = \varphi$.

Soit μ un point de (C) ($R = \rho^2$; 2θ). Portons sur $\overline{\mu O}$ la longueur $\overline{OA} = 1$. Traçons le cercle de diamètre $A\mu$; la perpendiculaire en O à $A\mu$ coupe ce cercle en H. $OH = \rho$; d'où le point M cherché.


Fig. 1


Fig. 2


Fig. 3

C. *Construction de la tangente :*

$$\vec{T}(M) = \left[e^{i\left(3\theta - \frac{\pi}{2}\right)} + \frac{a^2}{\rho^2} e^{i\left(\frac{\pi}{2}+\theta\right)} \right] k.$$

Elle se trace à la règle et au compas en portant

$$\rho e^{i\left(3\theta - \frac{\pi}{2}\right)} \quad \text{et} \quad \frac{a^2}{\rho} e^{i\left(\frac{\pi}{2}+\theta\right)}.$$

3. Construction géométrique a la règle et au compas des courbes (Γ) orthogonales aux isovitesses (ε) (*fig.* 3). — Ce sont les courbes (Γ) tangentes en chaque point aux gradients d'énergie cinétique des particules fluides :

$$(\Gamma) \qquad \rho^2 = a^2 \cos 2\theta + \varepsilon' a^2 \sin 2\theta.$$

Dans la transformation $R = \rho^2$ et $\varphi = 2\theta$, les courbes (Γ) deviennent les courbes (G) du faisceau orthogonal ou faisceau de cercles (C). Les constructions géométriques à la règle et au compas du point courant et de la tangente sont donc aisées.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

HYDRAULIQUE. — *Sur un procédé de calcul des courbes de remous dans les canaux prismatiques utilisant l'équivalence avec des canaux de grande largeur.* Note (*) de M. **Claude Thirriot**, transmise par M. Léopold Escande.

Dans un ouvrage prismatique, le régime d'écoulement graduellement varié est régi par l'équation différentielle classique :

$$\frac{dH}{dx} = \frac{I - J}{1 - \mathcal{F}^2}; \tag{1}$$

I, pente longitudinale du radier de l'ouvrage;
J, perte de charge linéaire $J = V^2/(k^2 \mathcal{R}^{4/3})$;
$\mathcal{F}$, nombre de Froude.

Nous proposons de remplacer sur un intervalle fini la courbe intégrale de l'équation (1) calculée pas à pas, par la courbe de remous associée à un canal de grande largeur pour lequel nous allons définir les caractéristiques.

Par exemple, on peut se fixer comme conditions que les deux courbes théorique et simplifiée admettent même dérivée dH/dx en deux points de l'ouvrage. Mais ceci entraîne des calculs préliminaires assez fastidieux. Nous préférons un procédé dont la signification physique est évidente. En un point de l'ouvrage, nous imposons que les deux écoulements admettent même perte de charge linéaire et même nombre de Froude (ce qui entraîne évidemment l'égalité de la pente dH/dx). Pratiquement le point choisi pour établir l'équivalence est le point initial de la courbe de remous désirée de tirant d'eau H_1.

1. *Ajustement des paramètres-débit* Q_e *et coefficient de Strickler* K_e. — Nous examinerons particulièrement le cas d'ouvrage à profil trapézoïdal et nous utiliserons les valeurs réduites déjà définies [*cf.* ([1])]. L'indice e est attaché aux grandeurs équivalentes.

D'après les hypothèses mentionnées précédemment, les conditions ci-dessous doivent être réalisées simultanément.

— identité du nombre de Froude initial dans les deux écoulements :

$$\frac{Q_e}{Q} = \frac{(1 + 2mh)^{\frac{1}{2}}}{(1 + mh)^{\frac{3}{2}}}; \tag{2}$$

— identité des pertes de charge pour la hauteur initiale

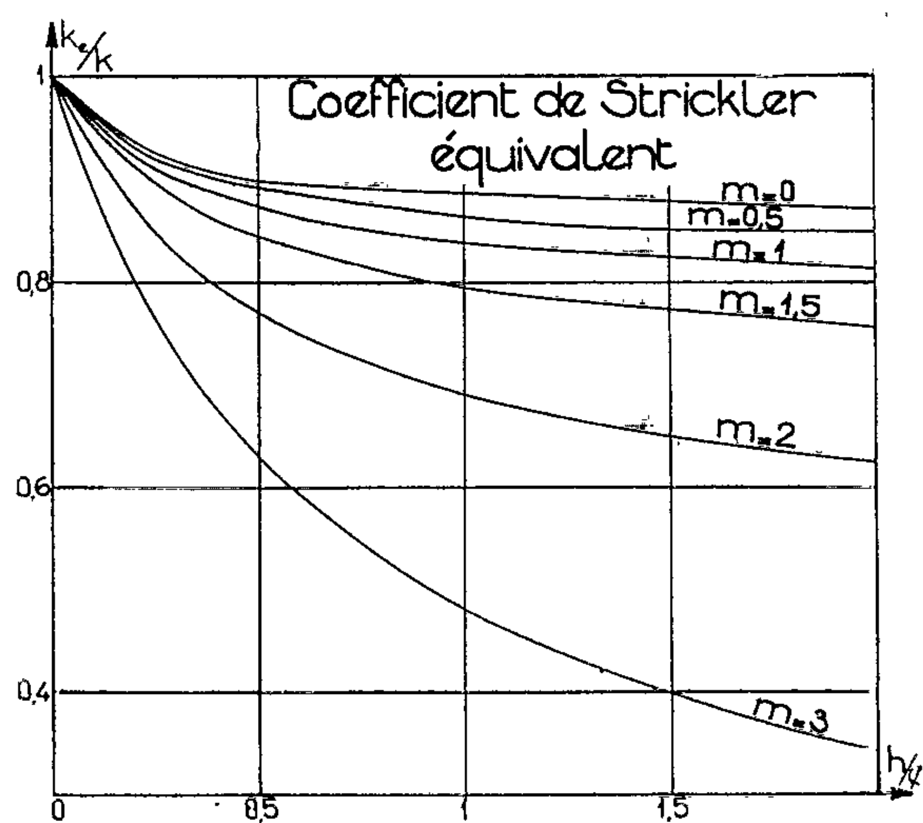
$$\left(\frac{Q_e}{K_e}\right) : \left(\frac{Q}{K}\right) = \frac{(1 + 2\mu h)^{\frac{2}{3}}}{(1 + mh)^{\frac{5}{3}}}; \tag{3}$$

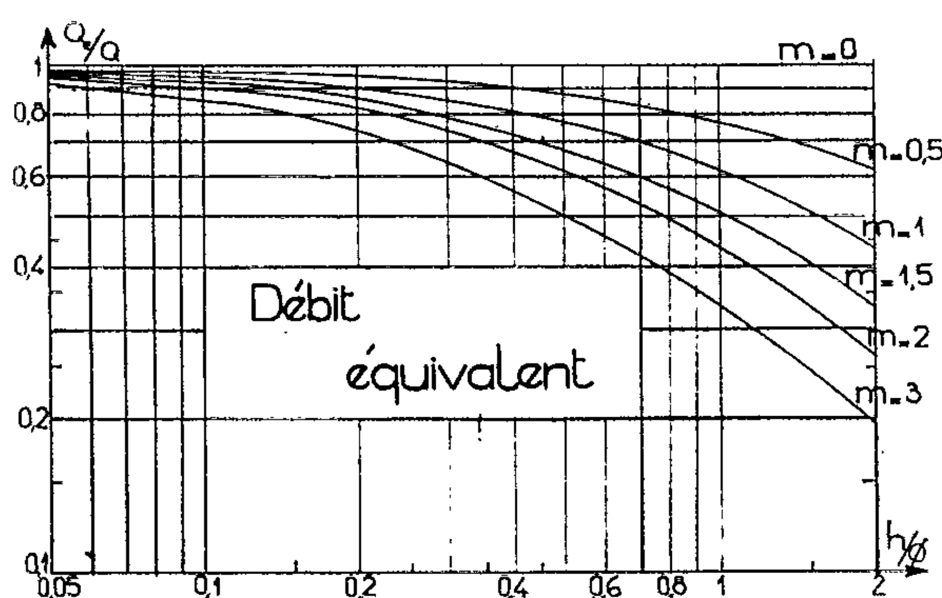
La conjonction de ces deux conditions donne

$$\frac{K_e}{K} = \frac{(1 + mh)^{\frac{1}{6}} (1 + 2m)^{\frac{1}{2}}}{(1 + 2\mu h)^{\frac{2}{3}}}. \tag{4}$$

Les abaques des figures 1 et 2 indiquent les valeurs des rapports Q_e/Q et K_e/K en fonction de $h = H/\Phi$ (Φ étant la largeur au radier).

2. *Réalisation pratique du calcul.* — Pour un tirant d'eau initial fixé H_1, on calcule les paramètres Q_e et K_e dont on déduit la hauteur normale équivalente H_{0e} ainsi que le nombre de Froude $\mathcal{F}_{0e}$. On applique alors une méthode de calcul de canal à grande largeur pour tracer la portion de courbe de remous intéressante [2].





3. *Étude de la précision de la méthode.* — L'erreur relative $\delta(h'_x)$ sur la dérivée h'_x est un bon critère de la précision de la méthode simplifiée par rapport à l'intégration rigoureuse. En effet, l'erreur relative sur la dénivellation sera

$$\delta(\Delta h) = \sum \delta(h')_x \, dh \to \int \delta(h') \, dh.$$

L'écart relatif par rapport à la valeur approchée est

$$\delta\left(\frac{dh}{dx}\right) = \frac{J - J_e}{I - J_e} + \frac{\mathcal{F}^2 - \mathcal{F}_e^2}{1 - \mathcal{F}_e^2} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2.$$

Examinons séparément les deux termes dont le premier sera prépondérant. Soit J_1 la perte de charge au point où est fixée l'équivalence

$$\frac{J_e}{J_{1e}} = \left(\frac{h_1}{h}\right)^{\frac{10}{3}} \qquad \text{et} \qquad \frac{J}{J_1} = \left(\frac{h_1}{h}\right)^{\frac{10}{3}} \left(\frac{1 + 2\mu h}{1 + 2\mu h_1}\right)^{\frac{4}{3}} \left(\frac{1 + mh}{1 + mh_1}\right)^{-\frac{10}{3}}$$

Posons $\gamma = (h - h_1)/h_1$, il vient

$$\varepsilon_1 = \frac{\left(1 + \frac{2\mu h_1}{1 + 2\mu h_1}\gamma\right)^{\frac{4}{3}} \left(1 + \frac{mh_1}{1 + mh_1}\right)^{-\frac{10}{3}} - 1}{\left(\frac{h_1}{h_0}\right)^{\frac{10}{3}} (1 + \gamma)^{\frac{10}{3}} - 1}.$$

Nous construisons actuellement des tables d'erreurs (ou abaques) en fonction des paramètres m, h_1/h_0, h_1 et γ. Mais dans la pratique industrielle la longueur des courbes de remous est telle que la différence entre hauteur aval et amont n'est qu'une fraction du tirant d'eau moyen. Ainsi γ est petit et l'on peut envisager un développement limité pour calculer ε_1 :

$$\varepsilon_1 = \frac{\gamma\left(\frac{8}{3}\frac{\mu h_1}{1 + 2\mu h_1} - \frac{10}{3}\frac{mh_1}{1 + mh_1}\right) + x\gamma^2 + \dots}{\left(\frac{h_1}{h_0}\right)^{\frac{10}{3}} \left(1 + \frac{10}{3}\gamma + \dots\right) - 1}$$

de même

$$\varepsilon_2 = \frac{\gamma\left(\frac{2mh_1}{1 + 2mh_1} - \frac{3mh_1}{1 + mh_1}\right) + \gamma^2}{\left(\frac{1}{\mathcal{F}_e^2} - 1\right)}.$$

Au voisinage de h_0 régime normal, il y a dégénérescence de la formule ε_1, l'écart relatif est alors fini.

L'application du procédé proposé à l'écoulement de 227 m³/s dans un canal de caractéristique $i = 0{,}341\ \%$, $K = 60$, $m = 1$ et largeur au radier 8 m, conduit à partir d'un tirant d'eau initial de 6,8 m à une erreur de 2 cm pour une dénivellation voisine de 2 m, la courbe de remous ayant une courbure accusée.

(*) Séance du 29 octobre 1962.
(1) C. THIRRIOT, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 4283.
(2) C. THIRRIOT, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 4143.

MÉCANIQUE CÉLESTE. — *Sur l'intégration des équations différentielles d'un astéroïde de masse négligeable animé d'un mouvement plan et sensiblement rectiligne.* Note (*) de M. **Jean Meffroy**, présentée par M. André Danjon.

On a déterminé, dans une Note précédente [1], les équations différentielles rigoureuses du mouvement plan d'un astéroïde de masse négligeable attiré par le Soleil et par une grosse planète décrivant autour du Soleil une orbite circulaire. On indique, dans la présente Note, un mode d'intégration de ces équations lorsque le mouvement est voisin d'un mouvement rectiligne. Dans le cas d'un mouvement strictement rectiligne, on retrouve l'équation du cinquième degré obtenue par Euler.

1. Les notations sont celles de notre Note précédente [1]. On suppose que le mouvement est voisin d'un mouvement rectiligne. La différence $\varphi_1 - \varphi_2$ entre l'angle polaire de l'astéroïde et celui de la grosse planète est alors très petite, ce qui revient à écrire

$$\cos(\varphi_1 - \varphi_2) = 1, \qquad \sin(\varphi_1 - \varphi_2) = \varphi_1 - \varphi_2, \qquad \frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = 1$$

d'où, compte tenu de l'égalité (1) du paragraphe 1 de notre Note précédente :

$$\frac{dt}{d\varphi_1} = \frac{1}{n_2}\frac{d\varphi_2}{d\varphi_1} = \frac{1}{n_2}.$$

L'élimination de $r'_1(\varphi_1 - \varphi_2)$ entre les équations (3) et (4) du paragraphe 1 de notre Note précédente, qui déterminent complètement le mouvement de l'astéroïde, conduit à la relation

$$(1) \quad \left(\frac{a_2 r_1}{(r_1 - a_2)^3} + \frac{r_1}{a_2^2}\right)\left[a_2\left(\frac{1}{r_1^2} - \frac{1}{(r_1 - a_2)^2}\right) - 2(m_0 + m_2)\left(\frac{1}{m_0(r_1 - a_2)} + \frac{1}{m_2 r_1}\right) + \frac{n_2^2 a_2^3}{n_1^2 a_1^3}\,\frac{n_2^2(r_1^2 + r_1'^2)}{n_2^2 a_2^3 - n_1^2 a_1^3} - \frac{2 n_2^2 a_2 r_1}{n_1^2 a_1^3}\right]$$
$$= -\frac{2 n_2^2 a_2}{n_1^2 a_1^3}\left(\frac{n_2^2(-r_1^2(r''_1 - r_1) + 2 r_1 r_1'^2) - n_1^2 a_1^3}{n_2^2 a_2^3 - n_1^2 a_1^3} - \frac{r_1^2}{(r_1 - a_2)^2} - \frac{r_1^2}{a_2^2}\right).$$

Posons

$$r_1 = \frac{1}{u}, \qquad \text{d'où} \qquad r'_1 = -\frac{u'}{u^2}, \qquad r''_1 = -\frac{uu'' - 2u'^2}{u^3}$$

et

$$-r_1^2(r''_1 - r_1) + 2 r_1 r_1'^2 = \frac{u + u''}{u^4}, \qquad r_1^2 + r_1'^2 = \frac{u^2 + u'^2}{u^4},$$

(1) s'écrit

$$(2) \qquad u'' + A(u)\,u'^2 + B(u) = 0.$$

avec

$$\mathrm{A}(u) = -\frac{a_2^2}{2}\left(\frac{1}{a_2^2 u} - \frac{a^2 u^2}{(1-a_2 u)^3}\right),$$

$$\mathrm{B}(u) = \frac{n_1^2 a_1^3}{2 n_2^2 a_2} \frac{n_2^2 a_2^3 - n_1^2 a_1^3}{n_2^2} u^4$$
$$\times \left[\frac{2 n_2^2 a_2}{n_1^2 a_1^3}\left(\frac{n_2^2 - n_1^2 a_1^3 u^3}{(n_2^2 a_2^3 - n_1^2 a_1^3) u^3} - \frac{1}{(1-a_2 u)^2} - \frac{1}{a_2^2 u^2}\right) - \left(\frac{1}{a_2^2 u} - \frac{a_2 u^2}{(1-a_2 u)^3}\right)\right.$$
$$\times \left(a_2\left(1 - \frac{1}{(1-a_2 u)^2}\right) u^2 - 2(m_0 + m_2)\left(\frac{1}{m_0(1-a_2 u)} + \frac{1}{m_2}\right) u\right.$$
$$\left.\left. + \frac{n_2^2 a_2^3}{n_1^2 a_1^3} \frac{n_2^2}{(n_2^2 a_2^3 - n_1^2 a_1^3) u^2} - 2 \frac{n_2^2 a_2}{n_1^2 a_1^3 u}\right)\right].$$

2. (2) s'intègre exactement par quadratures et sa solution générale est

$$(3) \qquad \varphi_1 = \int e^{\int \mathrm{A}(u)\,du}\left(-2\int \mathrm{B}(u)\, e^{2\int \mathrm{A}(u)\,du}\, du + k'\right)^{-\frac{1}{2}} du + k'',$$

où k' et k'' sont des constantes arbitraires.

De (3) on tire

$$(4) \qquad u' = e^{-\int \mathrm{A}(u)\,du}\left(-2\int \mathrm{B}(u)\, e^{2\int \mathrm{A}(u)\,du}\, du + k'\right)^{\frac{1}{2}}$$

et

$$(5) \qquad u'' = -\mathrm{B}(u) - \mathrm{A}(u)\, e^{-2\int \mathrm{A}(u)\,du}\left(-2\int \mathrm{B}(u)\, e^{2\int \mathrm{A}(u)\,du}\, du + k'\right).$$

L'équation (3) du paragraphe 1 de notre Note précédente où φ_1, u', u'' sont remplacés par leurs expressions (3), (4), (5) s'écrit alors

$$(6) \qquad \frac{\dfrac{n_2^2(u + u'') - n_1^2 a_1^3 u^4}{(n_2^2 a_2^3 - n_1^2 a_1^3) u^4} - \dfrac{1}{(1-a_2 u)^2} - \dfrac{1}{a_2^2 u^2}}{\dfrac{-a_2 u^2}{(1-a_2 u)^3} + \dfrac{1}{a_2^2 u}} = -\frac{u'}{u^2}(\varphi_1 - n_2 t),$$

c'est-à-dire

$$(7) \qquad \frac{n_2^2\left(u - \mathrm{B}(u) - \mathrm{A}(u)\, e^{-2\int \mathrm{A}(u)\,du}\left(-2\int \mathrm{B}(u)\, e^{2\int \mathrm{A}(u)\,du}\, du + k'\right)\right) - n_1^2 a_1^3 u^4}{(n_2^2 a_2^3 - n_1^2 a_1^3) u^4}$$
$$- \frac{1}{(1-a_2 u)^2} - \frac{1}{a_2^2 u^2} = -\left(\frac{-a_2 u^2}{(1-a_2 u)^3} + \frac{1}{a_2^2 u}\right)\frac{1}{u^2}\, e^{-\int \mathrm{A}(u)\,du}$$
$$\times \left(-2\int \mathrm{B}(u)\, e^{2\int \mathrm{A}(u)\,du}\, du + k'\right)^{\frac{1}{2}}$$
$$\times \left[\int e^{\int \mathrm{A}(u)\,du}\left(-2\int \mathrm{B}(u)\, e^{2\int \mathrm{A}(u)\,du}\, du + k'\right)^{-\frac{1}{2}} du + k'' - n_2 t\right].$$

Un calcul facile montre en particulier que

$$e^{\int \mathrm{A}(u)\,du} = u^{-\frac{1}{2}}(1 - a_2 u)^{\frac{1}{2}}\, e^{\frac{1}{4}(1-a_2 u)^{-2} - (1-a_2 u)^{-1}}.$$

(3) et (7) déterminent complètement le mouvement de l'astéroïde. (3), qui exprime φ_1 en fonction de u à l'aide de trois quadratures est l'équation de sa trajectoire. (7), qui donne t en fonction de u à l'aide des trois quadratures ci-dessus, exprime la loi du mouvement de l'astéroïde sur sa trajectoire.

3. Si l'on suppose le mouvement strictement rectiligne et le rapport r_1/a_2 constant, l'angle $\varphi_1 - \varphi_2$ est identiquement nul, u est constant, u' et u'' sont nuls, les moyens mouvements n_1 et n_2 sont égaux et (6) s'écrit :

$$\frac{\frac{1}{u^3} - a_1^3}{a_2^3 - a_1^3} - \frac{1}{(1 - a_2 u)^2} - \frac{1}{a_2^2 u^3} = 0, \tag{8}$$

avec $a_1^3 = [m_0/(m_0 + m_2)]a_2^3$. Si l'on pose alors $r_1/a_2 = k$ ($k =$ Cte), (8) — algébrique et du cinquième degré en k — n'est autre que l'équation d'Euler dans laquelle on a fait $m_1 = 0$.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 644.

(*Yale University Observatory.*)

ASTROPHYSIQUE. — *Observations spectrales et photographiques de la comète Humason* (1961 *e*). Note (*) de M. **François Dossin** et Mlle **Claude Rousseau**, présentée par M. Pol Swings.

La comète Humason (1961 *e*) a un spectre inhabituel dominé par les émissions de queue. Par ailleurs, les photographies révèlent une activité intense des gaz cométaires.

Des spectrogrammes de la comète Humason (1961 *e*) ont été obtenus aux télescopes de 193, 120 et 80 cm de l'Observatoire de Haute Provence, Dès le premier cliché, pourtant un peu sous-exposé, il était facile de voir qu'on avait affaire à une comète exceptionnelle; en effet le spectre comportait uniquement des bandes de CO^+ caractéristiques de la queue des comètes. Les observations ont été alors poussées plus avant et tout a été mis en œuvre pour obtenir de bons clichés, malgré les conditions défavorables : proximité de la Lune, presque pleine, et position assez basse de la comète en déclinaison.

Nous avons pu disposer des spectrogrammes pris par Mlle L. Divan au foyer Cassegrain du télescope de 193 cm, équipé du spectrographe à prisme de quartz de Chalonge. Les auteurs ont utilisé respectivement le spectrographe C (prisme de verre) au télescope de 120 cm et le spectrographe D (réseau) au foyer Cassegrain du télescope de 80 cm.

La liste des spectrogrammes obtenus et les conditions d'observation sont indiquées dans le tableau I.

TABLEAU I.

Clichés.	Émulsion.	Temps de pose.	Date.	Remarques.
Télescope 193 cm. Spectrographe Chalonge (quartz).				
Un cliché	103*a*D	3h30m	17 août 1962	Visible
» »	103*a*O	5h	18 » »	Ultraviolet
Télescope 120 cm. Spectrographe C (verre). 40 Å/mm à 3 750 Å.				
N°				
C. 2 203	103*a*O	2h 5m	13 août 1962	Sous-exposé
C. 2 207	103*a*O	4h30m	17 » »	Continu lunaire
C. 2 208	103*a*O	5h30m	18 » »	Bon
C. 2 209	II*a*O (chauffée)	6h40m	19 » »	Très bon
C. 2 210	II*a*O (chauffée)	11h	20 et 21 août 1962	»
C. 2 211	103*a*O	12h	23 et 24 » »	Bon
Télescope 80 cm. Spectrographe D (réseau) (rouge : 1er ordre; bleu 2e ordre).				
Un cliché	film 103*a*D	5h	18 août 1962	Très bon
» »	film 103*a*F	4h30m	20 » »	Bon

La fente du spectrographe était orientée Nord-Sud pour le télescope de 193 cm et Est-Ouest pour les télescopes de 120 et 80 cm. Les spectres sont très semblables suivant ces deux directions. Toute la hauteur de fente a été utilisée (malgré la courbure des raies) afin d'avoir le plus d'informations possible sur une plus grande région de la comète. Au spectrographe C, on couvrait ainsi un angle de 8'6, soit environ 6.10^5 km dans la comète.

Le spectre apparaît comme une succession de doublets bien marqués auxquels s'ajoutent quelques émissions plus ténues et un continuum relativement faible. La planche montre quelques-uns des meilleurs clichés obtenus.

Une étude détaillée de ce matériel sera faite, mais, dès à présent, on peut identifier comme suit les principales émissions.

TABLEAU II.

CO^+ : 1° Le système $A^2\Pi_i - X^2\Sigma$ (« comet tail system ») est de loin le plus intense et le mieux représenté de tout le spectre. On trouve les bandes suivantes :

$v'-v''$.		$v'-v''$.	
6-0	3 413,3-3 427,9	2-1	4 683,4-4 711,2
5-0	3 584,2-3 600,8	3-2	4 836,6-4 865,8
6-1	3 688,1-3 705,3	0-0	4 879,5-4 910,9
4-0	3 777,8-3 795,8	1-1	5 039,7-5 072,1
5-1	3 888,0-3 908,6	3-3	5 389,2-5 426,4
3-0	3 997,3-4 017,7	0-1	5 461,4-5 499,9
2-0	4 248,9-4 272,0	1-2	5 652,6-5 693,6
3-1	4 378,9-4 403,3	2-3	5 856,5-5 900,4
4-2	4 518,0 –	0-2	6 189,4-6 238,7
1-0	4 539,4-4 565,8		

Une émission double vers 5 203-5 238 Å pourrait être la bande 2-2; une autre, simple, à 5 626 Å correspond peut-être à la branche R_2 de la bande 4-4, non signalée dans les observations de laboratoire (λ calculé : 5 621,0).

2° Le système $B^2\Sigma - A^2\Pi_i$ (Baldet-Johnson) est plus plus faible, mais on l'identifie bien :

0-0	3 496,7
1-0	3 707,4-3 724,9
0-1	4 209,1-4 231,6

CO_2^+ : Beaucoup plus faible que le CO^+, il montre quand même les transitions principales :

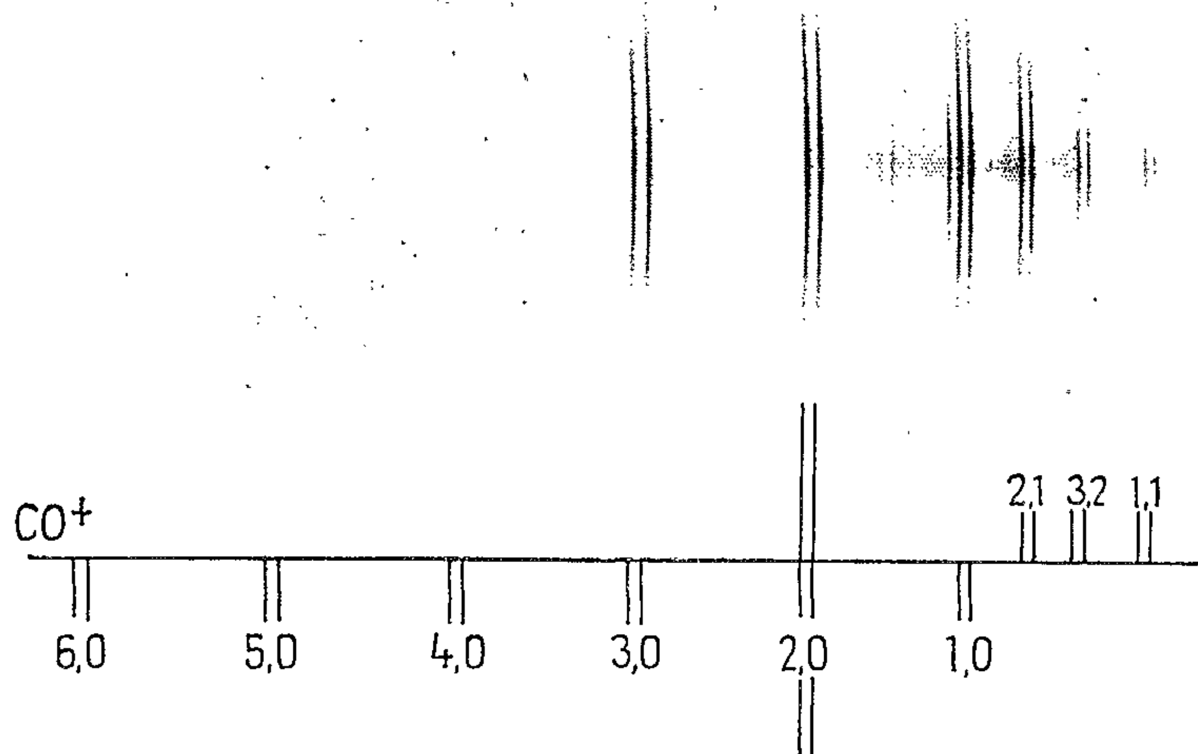
0-0	3 503-3 511
2-2	3 524-3 546
0-1	3 663-3 669-3 675

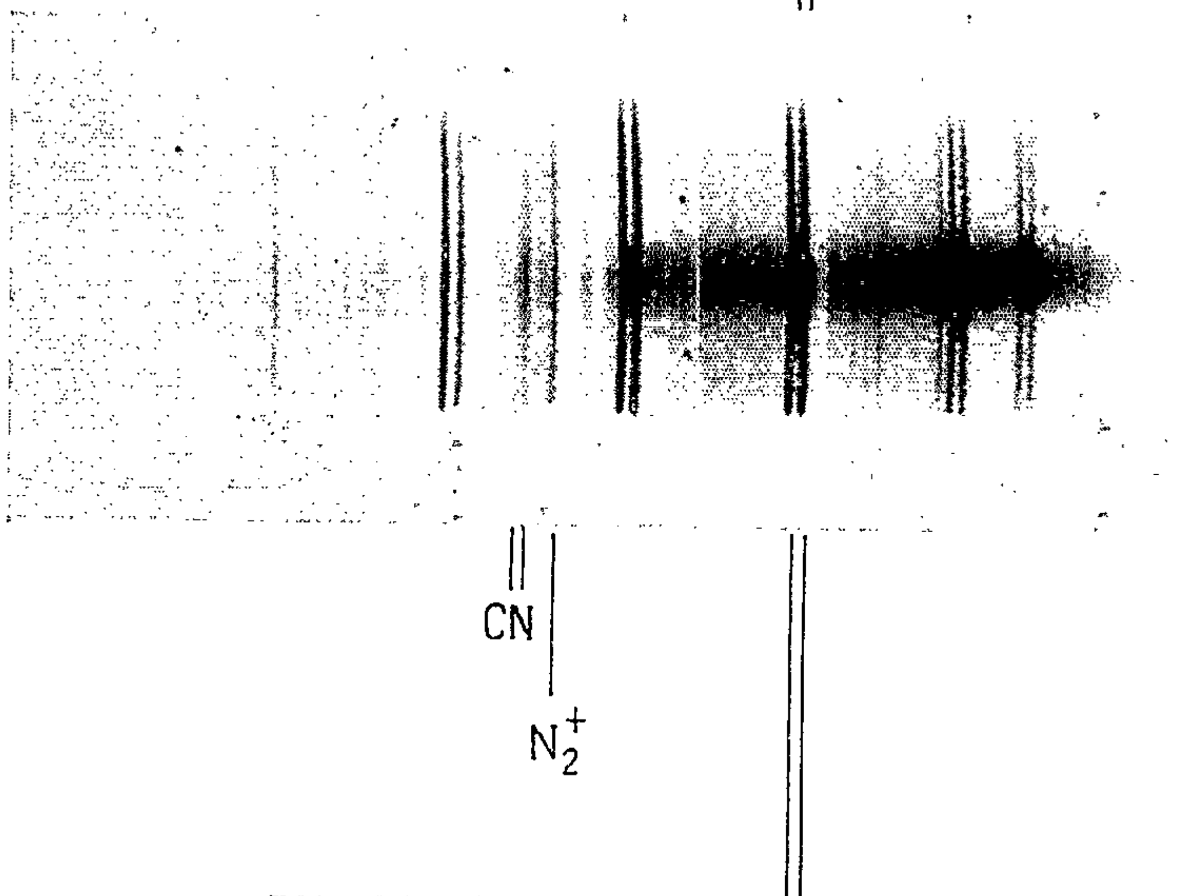
N_2^+ : Émission bien nette, surtout visible sur le spectre donnant la région ultraviolette. La bande 0-0 à 3 914 Å est intense et montre une certaine structure.

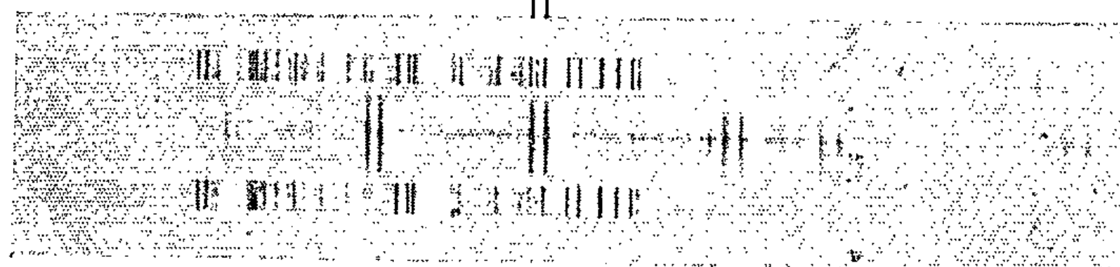
A part ces bandes, caractéristiques des queues de comètes, la seule émission bien visible est celle de CN ($B^2\Sigma^+ - X^2\Sigma^+$: 0-0; λλ 3 870-3 884 Å).

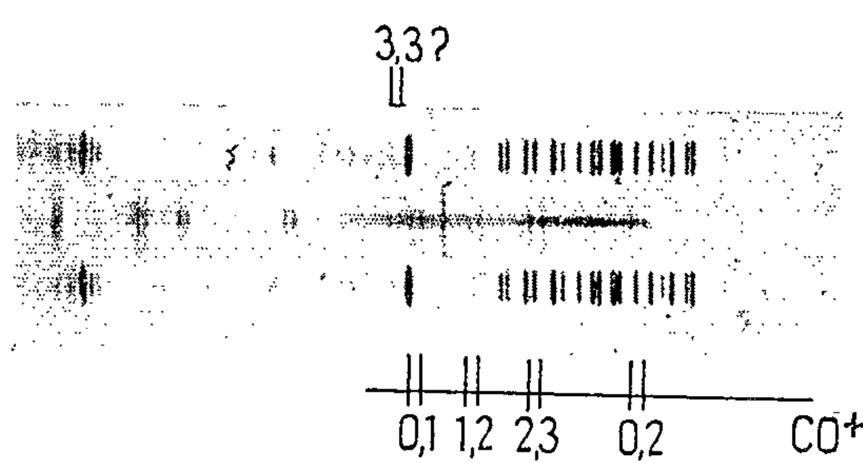
M. François Dossin et Mlle Claude Rousseau.

Spectre de la comète Humason (1961 e)









Elle est pourtant bien moins intense que beaucoup de bandes habituellement faibles de CO^+, et cela, même assez près du noyau.

Deux émissions courtes, mesurées à 4 048 et 4 071 Å peuvent être attribuées à C_3.

La présence de CH est douteuse; C_2 est invisible, de même que OH et NH.

Cette faiblesse des émissions normales de tête et l'intensité des émissions de queue sont les caractéristiques les plus remarquables de cette comète. Il sera très intéressant de poursuivre les observations spectroscopiques jusqu'au périhélie et après celui-ci.

Une autre particularité de 1961 *e* est la forme et les variations de sa queue ou plutôt de « ses » queues. A plusieurs reprises, Miss E. Rœmer avait signalé d'après ses observations *photographiques* l'aspect insolite de cette comète. Déjà à une distance héliocentrique de près de 5 U. A. on pouvait voir une importante activité de queue. Aussi avons-nous, parallèlement aux observations spectrales, tâché d'obtenir une série aussi complète que possible de photographies au moyen du télescope de Schmidt (40/30cm; $f = 59$ cm). Des changements importants, même au cours d'une seule nuit, sont bien visibles. D'un soir à l'autre, l'aspect de la comète a souvent changé fortement. Notre matériel photographique comporte une cinquantaine de clichés pris entre le 17 août et le 6 septembre.

(*) Séance du 15 octobre 1962.

(*Observatoire de Haute Provence, Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège* et *Observatoire de Lyon.*)

RELATIVITÉ. — *Application de la méthode de variation des constantes au problème de deux corps.* Note (*) de M. **Luis Mas**, présentée par M. Henri Villat.

A partir des résultats de Levi-Civita, on applique la méthode de variation des constantes. On obtient les résultats déjà connus et une formule pour le retard de passage au périhélie.

1. Nous partons du lagrangien du mouvement relatif d'un corps par rapport à l'autre déduit au deuxième ordre par Levi-Civita [1], lequel est le même (en dehors de constantes), que celui déduit par Einstein-Infeld-Hoffmann [2] :

$$(1)\quad \begin{cases} L = L_0 + L_1, \\ L_0 = \frac{1}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) + \frac{fm}{c^2}\frac{1}{r}, \\ L_1 = \frac{f^2 m^2}{c^4 r^2}\left(3 - \frac{3}{2}\frac{m_0 m_1}{m^2}\right) - \frac{f^2 a}{2c^4 r^3} m_0 m_1 (1 - e^2), \\ m = m_0 + m_1. \end{cases}$$

Notons que $a(1 - e^2) = \text{Cte}$ est une intégrale du mouvement.

Du formalisme lagrangien on peut déduire le formalisme hamiltonien et alors on a

$$(2)\quad \begin{cases} H = H_0 + H_1, \\ H_0 = \frac{1}{2}(p_x^2 + p_y^2 + p_z^2) - \frac{fm}{c^2}\frac{1}{r}, \\ H_1 = -L_1. \end{cases}$$

Les deux termes de H_1 peuvent se mettre sous la forme

$$H_1 = -\frac{\alpha_1 \mu}{2 r^2} - \frac{\alpha_2 \mu}{3 r^3},$$

où

$$\mu = \frac{fm}{c^2},$$

$$(3)\quad \alpha_1 = \frac{2fm}{c^2}\left(3 - \frac{3}{2}\frac{m_0 m_1}{m^2}\right);$$

$$(4)\quad \alpha_2 = \frac{3fm}{2c^2}\frac{m_0 m_1}{m^2} a(1 - e^2).$$

Ces termes peuvent être supposés dérivés d'une force perturbatrice du type

$$F = -\frac{\alpha_1 \mu}{r^3} - \frac{\alpha_2 \mu}{r^4}.$$

2. Nous appliquons maintenant les quatre équations de la méthode de variation des constantes à H_1 ([3]).

Les éléments a et e sont périodiques.

Pour calculer l'avance du périhélie on obtient pour le premier terme de H_1, le résultat fort connu :

$$\delta\bar{\omega}_1 = \frac{\pi\alpha_1}{a(1-e^2)}$$

et pour le second :

$$\delta\bar{\omega}_2 = \frac{2\pi\alpha_2}{a^2(1-e^2)^2},$$

ce qui donne, en total, et substituant (3) et (4) :

$$(5)\qquad \delta\bar{\omega} = \frac{fm}{c^2}\,\frac{6\pi}{a(1-e^2)}.$$

3. Pour calculer *le retard de passage au périhélie* on part de l'équation ([3]) :

$$(6)\qquad \frac{d\tau}{dt} = -\frac{2}{n^2 a}\frac{\partial H_1}{\partial a} - \frac{1-e^2}{n^2 a^2 e}\frac{\partial H_1}{\partial e}$$

qu'on doit intégrer entre u_0 et $u_0 + 2\pi$, en prenant l'anomalie u comme variable d'intégration; pour le second terme de (4) on a

$$\delta''\tau = \frac{\sqrt{1-e^2}}{n}\delta\bar{\omega} = \frac{\pi}{na\sqrt{1-e^2}}\left(\alpha_1 + \frac{2\alpha_2}{a(1-e^2)}\right)$$

et pour le premier :

$$\delta'\tau_1 = -\frac{\pi\alpha_1}{na\sqrt{1-e^2}} - \frac{3\pi\alpha_1}{na(1-e\cos u_0)^2}$$

pour le premier terme de H_1, et pour le second :

$$\delta'\tau_2 = \frac{2\alpha_2}{na^2}\left[\int_{u_0}^{u_0+2\pi} - \frac{du}{(1-e\cos u)^2} + \int_{u_0}^{u_0+2\pi}\frac{3}{2}\,\frac{e\sin u(u-e\sin u)}{(1-e\cos u)^4}\,du\right]$$

Le premier terme du crochet donne

$$I_2 = \frac{2\pi}{(1-e^2)^{\frac{3}{2}}}$$

et le second, par intégration par parties :

$$\frac{1}{2}\left[-\frac{u-e\sin u}{3(1-e\cos u)^3}\right]_{u_0}^{u_0+2\pi} + \frac{1}{2}I_2;$$

ainsi

$$\delta'\tau_2 = -\frac{2\pi\alpha_2}{na^2(1-e^2)^{\frac{3}{2}}} - \frac{3\alpha_2}{na^2}\,\frac{2\pi}{3(1-e\cos u_0)^3}.$$

Comme

$$\delta\tau = \delta''\tau + \delta'\tau_1 + \delta'\tau_2,$$

au total on a, tenant compte de (3) et (4), et en prenant $u_0 = 0$, $\cos u_0 = 1$:

$$(7) \qquad \delta\tau = -\frac{\pi}{na(1-e^2)}\frac{3fm}{c^2}\left(6 - \frac{m_0 m_1}{m^2}(2-e)\right).$$

Cette formule diffère de celle d'un corps d'épreuve, parce qu'il y a $m = m_0 + m_1$ et dans la parenthèse un terme nouveau, la valeur duquel varie entre

$$\frac{1}{2} > \frac{m_0 m_1}{m^2}(2-e) > 0.$$

Il est 1/2 quand $m_0 = m_1$ et $e = 0$; il est très petit quand $m_0 \gg m_1$.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

[1] T. LEVI-CIVITA, *Mém. Sc. math.*, Paris, 116, 1950.

[2] A. EINSTEIN, L. INFELD et B. HOFFMANN, *Ann. Math.*, 39, 1938.

[3] J. CHAZY, *Mécanique céleste*, Presses Universitaires de France, Paris, 1953.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Équations de liaison pour certains types de théories déduites d'un lagrangien linéaire.* Note de M. **Philippe Droz-Vincent**, présentée par M. Louis de Broglie.

Mise en évidence de combinaisons des équations de champ qui, dans le cas du lagrangien linéaire, lient dans l'espace les composantes du champ. Étude des liaisons de la théorie d'Einstein-Schrödinger.

1. Dans une Note précédente [1] nous avons entrepris l'étude d'un champ y_A soumis à des équations

$$\varepsilon^{AB}\dot{y}_B = \delta^A \mathcal{H} \qquad (1)$$

(δ, symbole de la dérivée variationnelle),

où $\mathcal{H}$ ne dépend que des y_B, $y_{C/j}$, x^μ, (1) étant déduite d'un lagrangien linéaire.

Mais en général, la matrice ε^{AB} admet les vecteurs propres V^s_B ($s = 1, \dots, S$) pour la valeur propre 0. On peut alors extraire de (1) les S combinaisons

$$V^s_A \delta^A \mathcal{H} = 0 \qquad (2)$$

qui, ne contenant pas de dérivées temporelles, seront appelées liaisons spatiales.

Dans le cas où ε^{AB} ne dépend pas des variables de champ, on forme à partir des y_A les combinaisons dynamiques propres [2]

$$\overline{y}^A = \varepsilon^{AB} y_B,$$

dont N — S seulement sont indépendantes, et l'on peut trouver S combinaisons impropres indépendantes qui seront notées Y_s.

Un cas régulier est par définition un cas où les liaisons spatiales (2) peuvent être résolues par rapport aux Y_s. Dans un tel cas les crochets de Poisson définis dans la Note précédente sont compatibles avec les équations de champ, car ils ne dépendent que des $\overline{y}^A$ qui ne sont soumis à aucune liaison dans (Σ).

Dans le cas contraire il devient possible, en éliminant les Y_s, de tirer de (2) des relations, purement spatiales, portant uniquement sur les variables dynamiques propres. De telles relations (liaisons propres) sont en général incompatibles [3] avec les crochets proposés.

2. En théorie du champ unifié asymétrique nous avons trouvé

$$\overline{y}_{\mu\nu} = \Gamma_\mu{}^4{}_\nu - \delta_\nu^4 \Gamma_\mu{}^\alpha{}_\alpha, \qquad \overline{y}^\beta{}_\alpha{}^\gamma = \delta_\alpha^\gamma \mathcal{G}^{\beta 4} - \delta_\alpha^4 \mathcal{G}^{\beta\gamma}$$

et les crochets de Poisson dans $(\Sigma) \equiv (x^4 = \text{Cte})$:

$$\{\overline{y}_{\mu\nu}\overline{y}_{\rho'\sigma'}\} = 0, \qquad \{\overline{y}^\beta{}_\alpha{}^\gamma \overline{y}^{\nu'}{}_{\mu'}{}^{\rho'}\} = 0;$$
$$\{\overline{y}^\beta{}_\alpha{}^\gamma \overline{y}_{\mu'\nu'}\} = -\varepsilon^\beta{}_\alpha{}^\gamma{}_{\rho\sigma} \Delta_{\mu'\nu'}{}^{\rho\sigma}$$
$$\varepsilon_{\mu\nu}{}^\beta{}_\alpha{}^\gamma = \delta_\mu^\beta (\delta_\nu^\gamma \delta_\alpha^4 - \delta_\nu^4 \delta_\alpha^\gamma).$$

Les valeurs propres nulles de $\varepsilon^{\beta}{}_{\alpha}{}^{\gamma}{}_{\mu\nu}$ sont au nombre de $S = 48$. C'est pourquoi parmi les 64 quantités $\bar{y}^{\beta}{}_{\alpha}{}^{\gamma}$ il n'y en a que $64 - 48 = 16$ d'indépendantes. La donnée des $\bar{y}^{\beta}{}_{\alpha}{}^{\gamma}$ est équivalente à celle des $\mathcal{G}^{\mu\nu}$ qui s'en déduisent par combinaison linéaire.

Afin de séparer, parmi les coefficients de la connexion, les variables propres et impropres, remarquons les 16 composantes dynamiques propres

$$\bar{y}_{\mu j} = \Gamma_{\mu}{}^{4}{}_{j}, \qquad \bar{y}_{\mu 4} = -\Gamma_{\mu}{}^{j}{}_{j} \tag{3}$$

et introduisons les variables impropres

$$\left\{ \begin{aligned} Y_{\mu}{}^{j}{}_{k} &= \Gamma_{\mu}{}^{j}{}_{k} - \frac{1}{3}\,\delta^{j}{}_{k}\Gamma_{\mu}{}^{l}{}_{l}, \\ Y_{\mu}{}^{\rho} &= \Gamma_{\mu}{}^{\rho}{}_{4}. \end{aligned} \right. \tag{4}$$

La trace $Y_{\mu}{}^{j}{}_{j}$, étant nulle, il y a bien 48 quantités impropres indépendantes. Nous devons avoir 48 liaisons dans l'espace, ce sont évidemment les équations

$$D_j \mathcal{G}^{\underset{+\,-}{\mu\nu}} = 0, \tag{5}$$

dans lesquelles on a effectué les changements de variables (3) et (4).

Nous en tirons cinq liaisons propres

$$\left\{ \begin{aligned} D_j \mathcal{G}^{\underset{+\,-}{44}} &\equiv \partial_j \mathcal{G}^{44} + \mathcal{G}^{4\sigma}\bar{y}_{j\sigma} + \mathcal{G}^{\sigma 4}\bar{y}_{\sigma j} = 0, \\ D_j \mathcal{G}^{\underset{+\,-}{j4}} &\equiv \partial_j \mathcal{G}^{j4} + \mathcal{G}^{j\sigma}\bar{y}_{j\sigma} - \mathcal{G}^{\sigma 4}\bar{y}_{\sigma 4} = 0, \\ D_j \mathcal{G}^{\underset{+\,-}{4j}} &\equiv \partial_j \mathcal{G}^{4j} - \mathcal{G}^{4\sigma}\bar{y}_{4\sigma} + \mathcal{G}^{\sigma j}\bar{y}_{\sigma j} = 0 \end{aligned} \right. \tag{6}$$

qui indiquent un cas non régulier.

Si l'on tente de résoudre (5) par rapport aux variables impropres Y_s, les cinq inconnues $Y_4{}^{\rho}$ et $Y_k{}^{k}$ restent arbitraires.

En considérant alors les autres variables impropres comme des inconnues principales, on peut les calculer en fonction des $\bar{y}^{\lambda}$ et des cinq inconnues non principales.

Si, par exemple, on se donne sur (Σ), $\bar{y}_{\mu\nu} = 0$, $\mathcal{G}^{\mu\nu} = \eta^{\mu\nu}$ (valeurs minkowskiennes), les liaisons (6) sont respectées, (5) admet des solutions en Y_s qui sont

$$Y_{\mu}{}^{j}{}_{k} = 0, \qquad Y_j{}^{4} = 0, \qquad Y_j{}^{k} = \frac{1}{3}\,\delta_j{}^{k}\,Y_l{}^{l}.$$

Notons que l'existence de cinq liaisons, c'est-à-dire de cinq inconnues arbitraires, résulte de la possibilité d'effectuer une transformation de coordonnées et une λ-transformation ([4]), cette dernière ajoutant au vecteur de torsion un gradient arbitraire.

Il sera donc possible de supprimer une liaison en détruisant la λ-invariance de la théorie par l'addition au lagrangien d'un terme en $\mathcal{G}^{\mu\nu}\Gamma_\mu\Gamma_\nu$ qui, ne contenant pas de dérivées, ne modifiera pas ε.

(1) *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2862. Les notations sont les mêmes ici.

(2) *Ibid.*, formule (5), notion de variable dynamique propre.

(3) C'est-à-dire annulent des expressions dont les crochets de Poisson ne peuvent être nuls.

(4) C'est-à-dire soit $\Gamma_\mu{}^\rho{}_\nu \to \Gamma_\mu{}^\rho{}_\nu + \delta_\mu{}^\rho\,\delta_\nu\lambda$, soit $\Gamma_\mu{}^\rho{}_\nu \to \Gamma_\mu{}^\rho{}_\nu + \delta_\nu{}^\rho\,\delta_\mu\lambda$.

(*Institut Henri Poincaré, Service de Théorie physique.*)

MAGNÉTISME. — *Variation avec la température de la susceptibilité magnétique du fer, du nickel et du cobalt de* 1 000 *à* 1 700°C. Note (*) de MM. **Ernst Wachtel** et **Georges Urbain**, présentée par M. Louis Néel.

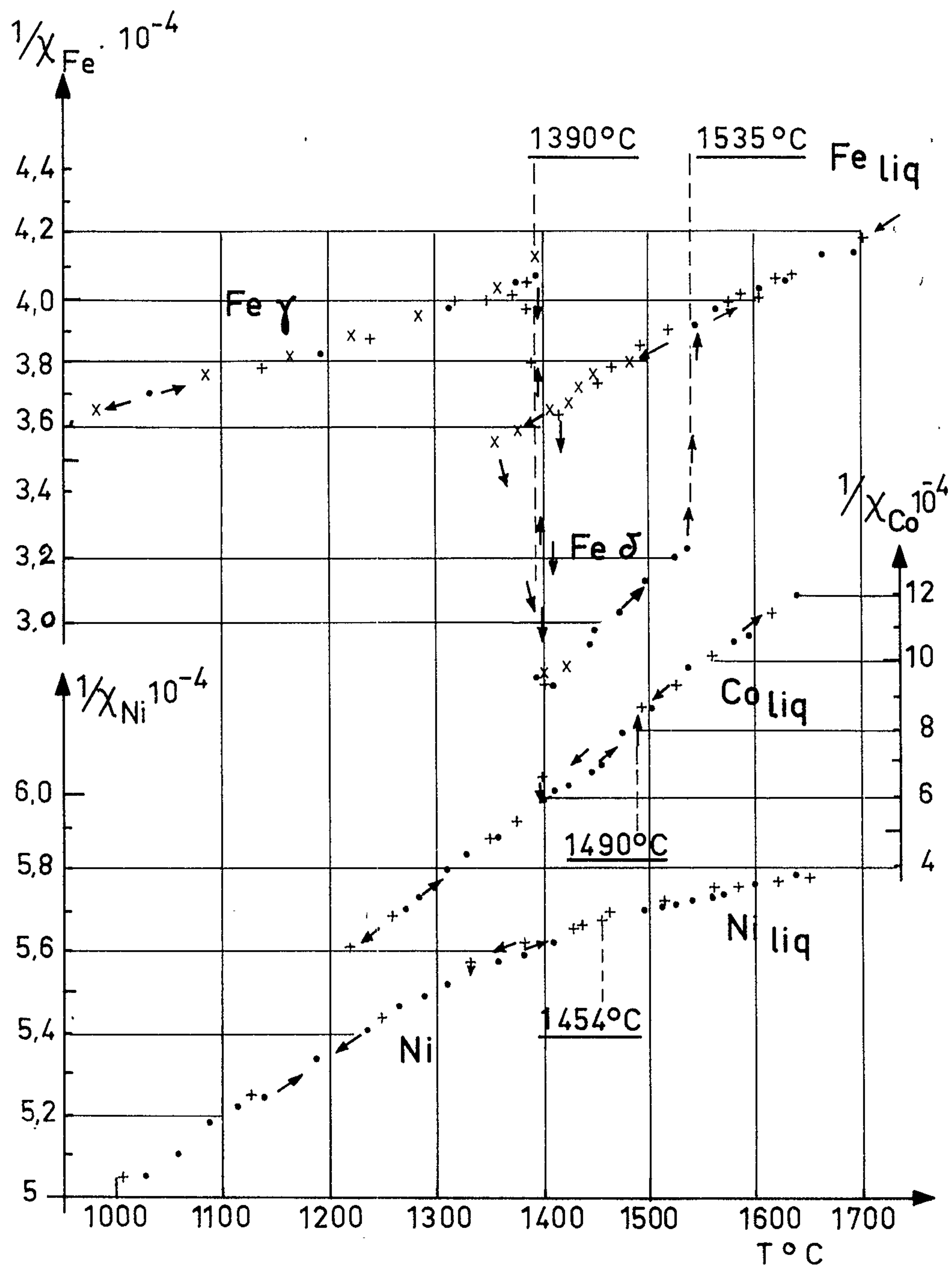
On mesure, par une méthode de zéro, la susceptibilité magnétique des métaux purs : fer, nickel et cobalt, en fonction de la température. La susceptibilité du fer présente de brusques discontinuités aux passages γ/δ, et à la fusion. Le cobalt présente une légère discontinuité à la fusion et le nickel aucune. Ces mesures apportent un argument expérimental de la structure « compacte » du fer liquide par l'analogie entre les susceptibilités du liquide et de la phase γ.

La susceptibilité χ est mesurée par une balance magnétique d'après E. Wachtel [(1), (2)] dont l'élément principal est un pendule vertical disposé sur des couteaux. A l'extrémité supérieure du pendule, on place l'échantillon (1 g environ) dans un petit creuset d'alumine frittée au milieu d'un four à enroulement de molybdène. L'échantillon est situé entre les pièces polaires d'un électroaimant dans une région où le produit $H(\partial H/\partial x)$ reste constant (3). Dans ces conditions, la force F appliquée est de la forme $F = \chi m H (\partial H/\partial x)$ où m est la masse de l'échantillon. Un dispositif optique permet de suivre les déséquilibres de la balance sous l'influence de F et une compensation est obtenue par une bobine placée à l'extrémité inférieure du pendule. Une fois la balance revenue à sa position d'équilibre, le courant de compensation mesuré avec précision par un potentiomètre est proportionnel à la force F. La constante de proportionnalité est mesurée avec le palladium et le platine, en utilisant les résultats de H. Kojima (4) et E. Wachtel (2).

Tout le dispositif (balance et four) est placé dans une enceinte étanche pouvant travailler sous vide poussé ou sous atmosphère contrôlée (argon). On mesure la température avec un pyromètre optique à disparition de filament visant le creuset par le haut du four. Un couple thermoélectrique est monté dans le bifilaire en alumine, servant de support au creuset et permettant un contrôle continu de la température.

On trouve, sur la figure, les courbes correspondant au fer, nickel et cobalt suivant le mode de représentation habituel : $1/\chi$, T°C. On opère par paliers de température, grâce au régulateur associé au four, pour être sûr d'obtenir l'équilibre thermique de l'échantillon. Différents échantillons de ces métaux (pureté spectroscopique) ont été étudiés pour contrôler la reproductibilité des mesures. En particulier les variations de susceptibilité du fer γ, δ et liquide, confirment les résultats de Y. Nakagawa (5), mais nous ne trouvons aucune « anomalie » de χ pour le fer liquide entre 1 600 et 1 700°C, contrairement à Vertman et Samarin (6). Avec les modèles habituels d'interaction magnétique, il est bien compréhensible qu'une structure cubique à face centrée (avec 12 voisins immédiats) aura une susceptibilité différente de celle correspondant à une structure cubique

centrée (avec 8 voisins à une distance a_1 et 6 à la distance a_2). Dans le cas du fer α (ou δ), c'est justement la distance a_2 qui correspond à l'interaction magnétique [L. Néel (7)]. La position intermédiaire de la susceptibilité



Susceptibilité magnétique χ de fer, nickel et cobalt.
Les « points » correspondent à des mesures faites à température croissante, les « croix » à des températures décroissantes.
(Les ordonnées ont des échelles différentes pour les trois courbes.)

du fer liquide entre celle du fer γ et δ, mais assez voisine du fer γ (*figure*), laisse penser que la structure du liquide est presque compacte (distance a_1) avec un nombre de coordination compris entre 12 et 10.

(*) Séance du 15 octobre 1962.

(1) E. WACHTEL, *Thèse*, Suttgart, 1953.

(2) E. WACHTEL, *Rev. Métallurgie*, 59, 1962, p. 416.

(3) D'après J. HEUSLER, *Thèse*, Stuttgart, 1962.

(4) H. KOJIMA et coll., *Proc. Roy. Soc. London*, A 260, 1961, p. 237.

(5) Y. NAKAGAWA, *J. Phys. Soc. Jap.*, 11, 1956, p. 855.

(6) A. A. VERTMAN et A. M. SAMARIN, *Structure et propriétés des métaux liquides*, Moscou, 1960; *J. Iron and Steel Inst.*, 200, 1962, p. 95.

(7) L. NÉEL, *Colloque de magnétisme*, Orsay, avril 1962.

(Max Plank Institut für Metallforschung et Institut de Recherche de la Sidérurgie.)

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Diffraction d'une onde électromagnétique cylindrique par un cylindre parabolique parfaitement conducteur. Cas de la polarisation horizontale.* Note (*) de M. **Louis Robin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Un plan de section droite est rapporté au système de coordonnées curvilignes orthogonales du cylindre parabolique (ξ, η), dans lequel le cylindre donné est $\eta = \eta_0$, $\eta > 0$ partout, $\xi < 0$ à gauche de Oy, $\xi > 0$ à droite de Oy. L'axe de l'onde incidente est en $P(\xi_1, \eta_1)$, $\xi_1 < 0$. Cet axe étant horizontal, on suppose que le champ électrique incident lui est parallèle (polarisation horizontale). Le champ électromagnétique étant proportionnel à $e^{+i\omega t}$, le champ électrique de l'onde incidente au point (ξ, η) est $E_0 H_0^{(2)}(kr)$, E_0 est une constante positive, $k = 2\pi/\lambda$, $H_0^{(2)}$ est la fonction de Hankel classique, r est la distance des points (ξ_1, η_1) et (ξ, η).

H. Buchholz a donné une formule qui exprime $H_0^{(2)}(kr)$ au moyen de la somme de deux intégrales portant sur des fonctions de Weber [1]. Par des transformations faciles (on applique surtout la formule des compléments de la fonction factorielle), cette expression peut être simplifiée.

Dans le cas $\eta_0 < \eta < \eta_1$, $\xi^2 < \xi_1^2$, $(\xi_1 < 0)$, on trouve

$$(1) \quad \pi H_0^{(2)}(kr) = -\int_{u_0 - i\infty}^{u_0 + i\infty} \frac{du}{\sin \pi u} D_{-u-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1) D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_1)$$
$$\times \left[D_{-u-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi) D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta) + D_{-u-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi) D_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta)\right],$$
$$-1 < u_0 < 0, \qquad \sqrt{i} = e^{i\frac{\pi}{4}},$$

les D sont les fonctions de Weber classiques.

Dans le cas $\eta_0 < \eta < \eta_1$, $\xi^2 > \xi_1^2$, $\xi < 0$, il suffit de permuter ξ et ξ_1 dans (1). Soit (1 *bis*) la formule obtenue.

Dans le cas $\eta_0 < \eta < \eta_1$, $\xi > -\xi_1$, nous remplaçons ξ par $-\xi$ et ξ_1 par $-\xi_1$ dans (1 *bis*) et obtenons (1 *ter*).

Dans le cas $\eta > \eta_1$, $\xi > -\xi_1$, nous permutons η et η_1 dans (1 *ter*).

L'onde diffractée est déterminée par le champ électrique correspondant E_s, qui est parallèle aux génératrices du cylindre parabolique. Ce champ diffracté doit vérifier à l'infini la condition de rayonnement, donc être proportionnel à $e^{-ik\rho} = e^{-ik(\xi^2+\eta^2)/2}$ (ρ, distance à l'origine). D'autre part, pour $\eta = \eta_0$, le champ électrique total, qui est tangent au cylindre, doit être nul. Il en résulte que pour $\xi > -\xi_1$, E_s, qui est une fonction symétrique de η et de η_1, doit être de la forme $\sum A D_{-u-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi)(D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta)$, où A est indépendant de ξ et de η. Pour $\xi < \xi_1 < 0$, E_s est de la forme $\sum B D_{-u-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi)\, D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta)$. Enfin, pour $\xi^2 < \xi_1^2$, l'expression de E_s se déduit de la précédente en permutant ξ et ξ_1. La condition à la

surface du cylindre $\eta = \eta_0$ est ainsi réalisée pour les trois parties de celui-ci qui correspondent aux trois hypothèses précédentes.

Finalement, nous obtenons, pour $\xi > -\xi_1$, $\eta > \eta_1$:

$$(2)\quad \pi \frac{E_S(\xi,\eta)}{E_0} = \int_{u_0-i\infty}^{u_0+i\infty} \frac{du}{\sin\pi u} D_{-u-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi)\, D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_1) \frac{D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta)}{D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)} \times \left[D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_{-u-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi_1) + D_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_{-u-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1)\right],$$

$$(3)\quad \pi \frac{E(\xi,\eta)}{E_0} = \int_{u_0-i\infty}^{u_0+i\infty} \frac{du}{\sin\pi u} D_{-u-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1)\, D_{-u-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi) \frac{D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta)}{D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)} \times \left[D_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_1) - D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_1)\right],$$

$E(\xi, \eta)$ désigne le champ électrique total [la formule (2) est indépendante du signe de $\eta - \eta_1$].

Pour vérifier la convergence des intégrales de (2) et de (3), nous avons utilisé la formule [2]

$$(4)\quad D_\nu(Z) = \frac{1}{\sqrt{2}} \exp\left[\frac{\nu}{2}\log(-\nu) - \frac{\nu}{2} - Z(-\nu)^{\frac{1}{2}}\right]\left[1 + O\left(\nu^{-\frac{1}{2}}\right)\right],$$

valable pour $|\arg(-\nu)| \leqq \pi/2$ et où $\log(-\nu)$ et $(-\nu)^{1/2}$ ont leurs valeurs principales.

On trouve que l'intégrale (3) converge pourvu que $\eta - \eta_1 > 0$.

Cette intégrale peut être transformée en une série au moyen du théorème des résidus. Comme dans le cas de l'onde plane [3], la série dont la convergence est la meilleure est obtenue au moyen des zéros, u_n, de $D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$. Ces zéros, en nombre infini dénombrable, ont leur partie réelle positive; les valeurs $u = 0, 1, 2, \ldots$ ne sont pas des pôles de l'intégrandum, car elles annulent le crochet.

Nous obtenons

$$(5)\quad \frac{E}{E_0} = i.2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{D_{-u_n-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1)\, D_{-u_n-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi)\, D_{u_n}(\sqrt{i.2k}\,\eta)}{\sin\pi u_n \left[\dfrac{\partial}{\partial u} D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\right]_{u=u_n}} \times D_{u_n}(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_{n_n}(\sqrt{i.2k}\,\eta_1).$$

Pour $|u| \to \infty$, $|\arg u| \leqq \pi/2$, nous avons

$$(6)\quad D_u(Z) = \sqrt{2}\, e^{\frac{u}{2}(\log u - 1)} \cos\left(\frac{\pi}{2}u - Z\sqrt{u + \frac{1}{2}}\right)\left[1 + O\left(u^{-\frac{1}{2}}\right)\right],$$

formule qui découle de (4).

D'où, l'expression asymptotique

$$(7)\quad u_n \sim 2n + \frac{4}{\pi}\eta_0\sqrt{i.kn} + \frac{i4}{\pi^2}k\eta_0^2 - 1.$$

L'étude de la convergence de (5) est basée sur (7). La série (5) converge pourvu que $\xi - \xi_1 - \eta - \eta_1 + 2\eta_0 > 0$. La convergence est donc d'autant meilleure que la source et le point d'observation sont plus bas.

Pour $\eta_0 \to 0$, (5) se réduit à

$$(8)\quad \frac{E}{E_0} = \frac{i4}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} D_{-2n}\left(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1\right) D_{-2n}\left(\sqrt{i.2k}\,\xi\right) D_{2n-1}\left(\sqrt{i.2k}\,\eta_1\right) D_{2n-1}\left(\sqrt{i.2k}\,\eta\right).$$

Des calculs numériques peuvent être faits pour $\eta_0 = 0$ [formule (8)] et aussi pour $\eta_0\sqrt{k} \gg 1$. Dans ce dernier cas, diverses hypothèses sont possibles sur les ordres de grandeur des rapports ξ/η_0, η/η_0 et $-\xi_1/\eta_0$, η_1/η_0.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) *Die konfluente hypergeometrische Funktion* (*Ergebnisse der angewandten Mathematik*, fasc. 2,) 1953, p. 177.

(2) T. M. CHERRY, *Proc. Edinburgh Math. Soc.*, 8, 1949, p. 51.

(3) S. O. RICE, *Bell Syst Techn. J.*, 33, 1954, p. 417-504.

ÉLECTRONIQUE. — *Sur l'analyse du fonctionnement d'un oscillateur non linéaire.* Note (*) de MM. **Étienne Cassignol** et **Burian Yaro** Jr, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs étudient le fonctionnement d'un multivibrateur, mettent en évidence la courbe de choc avec ses zones attractives et répulsives et en déduisent la courbe de Mandelstan.

Le multivibrateur représenté sur la figure 1 est régi, si l'on néglige le courant de grille et les capacités parasites des tubes, par le système d'équations suivant :

$$(1)\qquad R_{L_i} i_i - \frac{1}{C_i}\int_0^t I_i\,dt - R_{gi} I_i = E - E_{cj} \qquad (i \neq j;\ i, j = 1, 2)$$

avec $i_i = i_{bi} - I_i$ et $e_{gi} = E_{ci} - R_{gj} I_j$.

De plus le courant de plaque i_{bi} est fonction de la tension de grille e_{gi} suivant la relation

$$(2)\qquad i_{bi} = \varphi_i(e_{gi}),$$

représentée graphiquement sur la figure 2 *a*.

Dans le cas où l'équation (2) est linéaire, la théorie linéaire de la contre-réaction conduit à la condition d'oscillation : $G > 1$;
avec $G = G_1 G_2 = g_{m_1} R'_{L_1} - g_{m_2} R'_{L_2}$ et $R'_{L_i} = R_{L_i}/R_{gi}$.

Dans la suite la condition ci-dessus sera toujours supposée satisfaite.

En tenant compte des équations précédentes, le système (1) peut encore s'écrire

$$(3)\qquad a_i(e_{gi})\frac{de_{gi}}{dt} + b_i\frac{de_{gi}}{dt} = E_{cj} - e_{gi},$$

avec

$$a_i(e_{gi}) = R_{gi} R_{L_i} C_i \varphi'_i(e_{gi}) \qquad \text{et} \qquad b_i = C_i(R_{gi} + R_{L_i}).$$

Finalement

$$\frac{de_{gi}}{dt} = \frac{(E_{cj} - e_{gj})\,a_j(e_{gj}) - (E_{ci} - e_{gi})\,b_i}{a_i(e_{gi})\,a_j(e_{gj}) - b_i b_j} = \frac{E_{gi}}{T}.$$

La courbe de choc du système est représentée par l'équation

$$T = a_1(e_{g_1})\,a_2(e_{g_2}) - b_1 b_2 = 0$$

ou encore

$$\varphi'_1(e_{g_1})\,\varphi'_2(e_{g_2}) = (R'_{L_1} R'_{L_2})^{-1}.$$

A partir de la représentation graphique des fonctions indiquée par la figure 2 *b*, il résulte la courbe de choc de la figure 3, constituée de segments de droites et d'arcs d'hyperboles. En pratique, le gain G est très grand; la courbe de choc est par suite presque confondue avec le rectangle OABC.

La détermination des zones attractives et répulsives de la courbe de choc s'effectue, suivant Vogel (¹) à partir de l'étude du signe de la quantité

$$(4)\qquad T'_{e_{g_1}} E_{g_1} + T'_{e_{g_2}} E_{g_2}$$

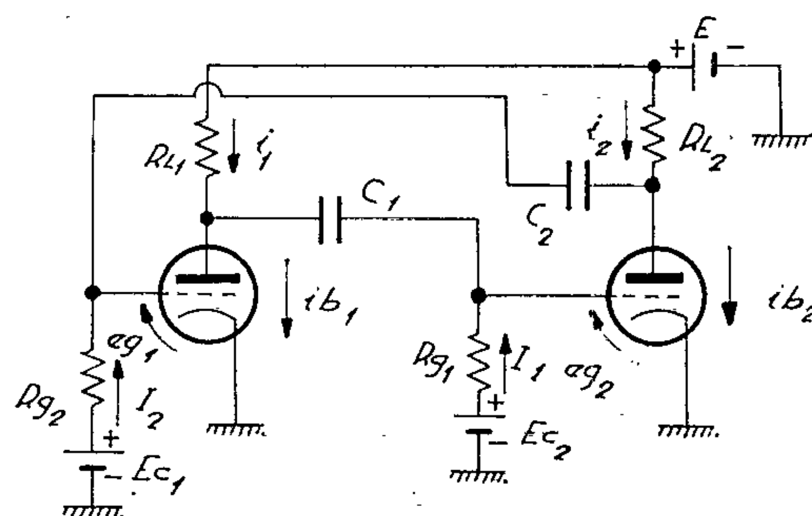


Fig. 1.

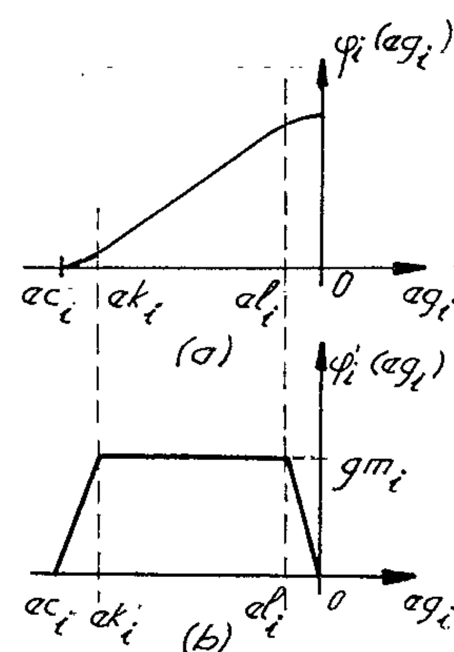


Fig. 2.

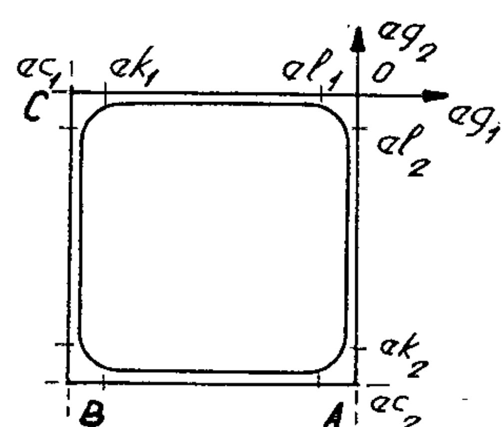


Fig. 3.

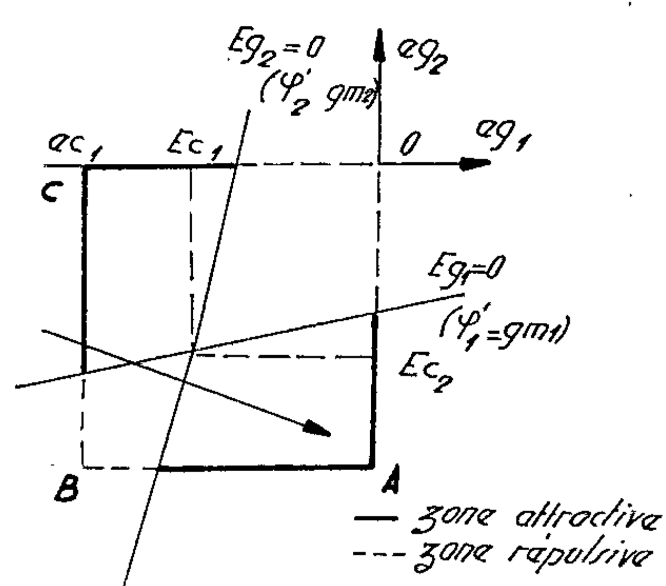


Fig. 4.

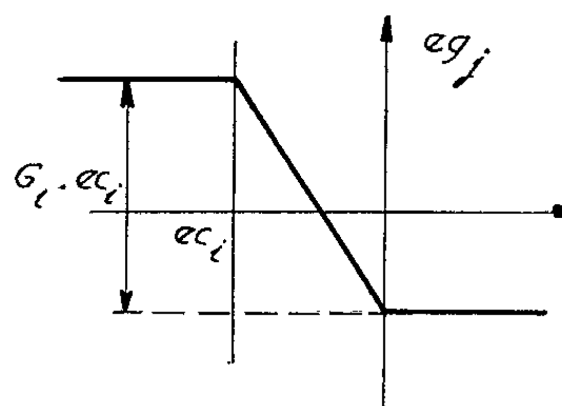


Fig. 5.

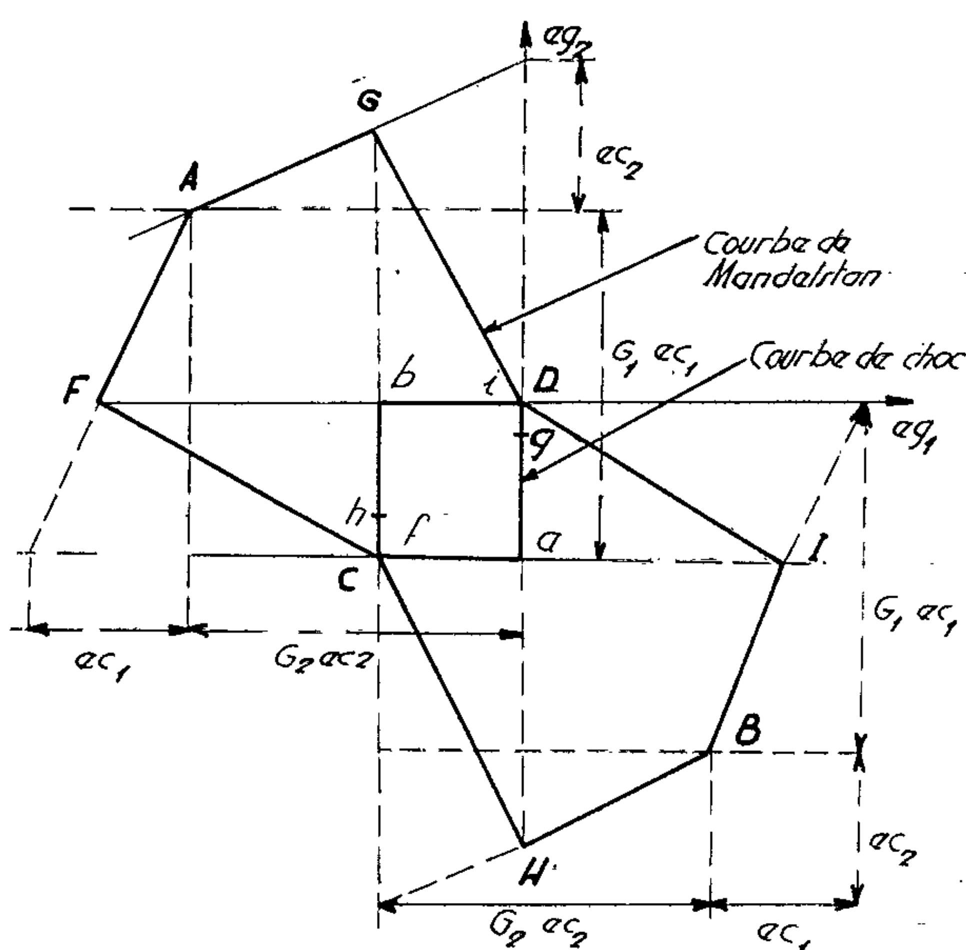


Fig. 6.

Cette analyse se ramène ici à étudier le signe de $\varphi''_1\varphi'_2 E_{g_1} + \varphi'_1\varphi''_2 E_{g_2}$. Pour les parties rectilignes de la courbe de choc, parallèles à l'axe e_{gi}, on a $\varphi''_j = 0$, $\varphi'_j = g_{mj}$ et $\varphi''_i < 0$ ($\varphi''_i > 0$) pour le segment le plus près (le plus éloigné) de l'axe e_{gi}. Il en résulte qu'il suffit d'étudier le signe de E_{gi} (avec $\varphi'_j = g_{mj}$) pour connaître le signe de la quantité (4). Quant aux parties courbes, une étude analogue met en évidence l'existence de points stationnaires en O et en B. La figure 4 résume les résultats obtenus.

L'équation (3) permet de conclure que, hormis les points situés sur la courbe de choc, il existe un point singulier $e_{g_1} = E_{c_1}$, $e_{g_2} = E_{c_2}$. Ce point est un col s'il est situé à l'intérieur de la courbe de choc ($T > 0$), et un nœud stable s'il est situé à l'extérieur de la même courbe ($T < 0$). On en déduit que le multivibrateur oscille si E_{cj} est compris entre e_{cj} et 0.

Supposons le multivibrateur convenablement polarisé, le point de fonctionnement au temps $t = 0$ est à l'intérieur de la courbe de choc. Il se dirige ensuite vers les zones attractives de la courbe de choc en se déplaçant le long d'une courbe intégrale. Quand il atteint la courbe de choc, le système subit une discontinuité qui se traduit par le phénomène du saut. La manière dont s'effectue ce saut est donnée par la condition de Mandelstan [1] qui conduit, dans le cas considéré, à

$$R_{g_2} I_i - R_{L_i} i_i = \text{Cte}$$

ou mieux encore

$$(5) \qquad e_{gj} + R'_{L_i} \varphi_i(e_{gi}) = \text{Cte}.$$

En supposant $\varphi_i(e_{gi}) = g_{mi}(e_{gi} - e_{ci})$ dans l'intervalle $e_{ci} < e_{gi} < 0$ et sachant que $\varphi_i(e_{gi}) = 0$ hors de cet intervalle, les équations (5) deviennent

$$(6) \qquad \begin{cases} e_{gj} = \text{Cte} & \text{pour } e_{gi} > 0 \text{ et } e_{gi} < e_{ci}, \\ e_{gj} + G_i e_{gi} = \text{Cte} & \text{pour } e_{ci} < e_{gi} < 0. \end{cases}$$

La figure 5 représente les deux familles de courbes définies par les équations (6).

Il est aisé de constater géométriquement qu'à chaque point m de la courbe de choc correspondra un seul point M dans le plan de phase défini par l'intersection des deux familles de courbes. Ce point M décrira une courbe que nous dénommerons « courbe de Mandelstan » indiquée sur la figure 6. On vérifierait de plus que la correspondance entre les segments af, fc, ch, hb,... et les segments AF, FC, CH, HB,... est linéaire. Il suffit dès lors de tracer les courbes intégrales pour achever de préciser le fonctionnement du multivibrateur dans le plan (e_{g_1}, e_{g_2}).

(*) Séance du 24 septembre 1962.

(1) T. VOGEL, *Annales des Télécommunications*, 6, n° 7, fasc. VII, 1951.

(Institut Technique de l'Aéronautique de Sao José Dos Campos, S. P., Brésil.)

MICROSCOPIE ÉLECTRONIQUE. — *La structure des films d'alliage* Al-Ag (25 %) *préparés par une méthode de fusion.* Note (*) de M. **Noboru Takahashi**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Les films minces d'alliage Al-Ag (25 %), destinés à l'examen au microscope électronique, ont été préparés par une méthode de fusion. Leur structure a été étudiée en microscopie et diffraction électroniques.

La méthode de préparation employée a été utilisée avec succès, il y a quelques années, pour étudier la structure lamellaire de l'eutectique. Les films obtenus par fusion ont, dès leur préparation, une structure lamellaire correspondant à l'état massif.

Les films obtenus étant très minces, le refroidissement qui aboutit à l'état solide se fait rapidement. Il semble donc que les films devraient être homogènes et semblables à ceux d'un même alliage trempé, qui ne comportent aucun précipité. La présence très nette de précipités montre, au contraire, qu'aucun effet de trempe n'est intervenu. On sait que la phase γ' du réseau hexagonal compact apparaît à partir de la phase δ de la matrice de réseau cubique à faces centrées lorsque l'alliage est recuit après avoir été fondu et trempé. L'orientation relative entre le cristal du précipité et celui de la matrice est alors identique à celle qu'on observe lorsque, par épitaxie, le réseau hexagonal compact se produit à partir du réseau cubique à faces centrées. L'ordre d'empilement est ABCABCABAB.... Cette phase transitoire se transforme en phase γ stable après un chauffage prolongé. En général, la phase γ' apparaît sous la forme de plaquettes couchées, parallèles aux plans $\{111\}_\delta$, dont l'épaisseur varie de plusieurs dizaines à plusieurs centaines d'angströms. La relation d'épitaxie décrite ci-dessus donne une orientation relative cristallographique entre la phase γ' et la matrice, telle que

$$(A) \qquad (0001)_{\gamma'}//(111)_\delta \quad \text{et} \quad [11\bar{2}0]_{\gamma'}//[110]_\delta.$$

Donc, si la surface des plaquettes de précipités n'est pas parallèle à celle du film, leur section par cette dernière donne, en général, une image de bâtonnets. Si elle est perpendiculaire à la surface du film, on obtient l'image de groupes d'aiguilles parallèles, dont l'épaisseur correspond exactement à celle des plaquettes.

Dans le cas présent, la phase γ' apparaît immédiatement après la préparation de l'échantillon. On obtient souvent une orientation (110) de la matrice, le plan (110) étant parallèle à la surface du film. Dans un cas particulier, il s'est produit un groupe d'aiguilles parallèles dans une seule direction. La figure 1 montre un exemple de ce cas, qui donne un beau diagramme de diffraction (*fig.* 2). La relation cristallographique entre l'image et le diagramme est représentée par la figure 3. Étant donné que

les précipités se développent dans une seule direction, et que leur faible épaisseur provoque un allongement des taches de diffraction, la détermination de cette relation est facile. On observe des taches de surstructure de la phase Ag_2Al, telle que (0001), où les atomes d'argent sont disposés régulièrement dans le plan (0001). Tous les précipités de la phase γ' se

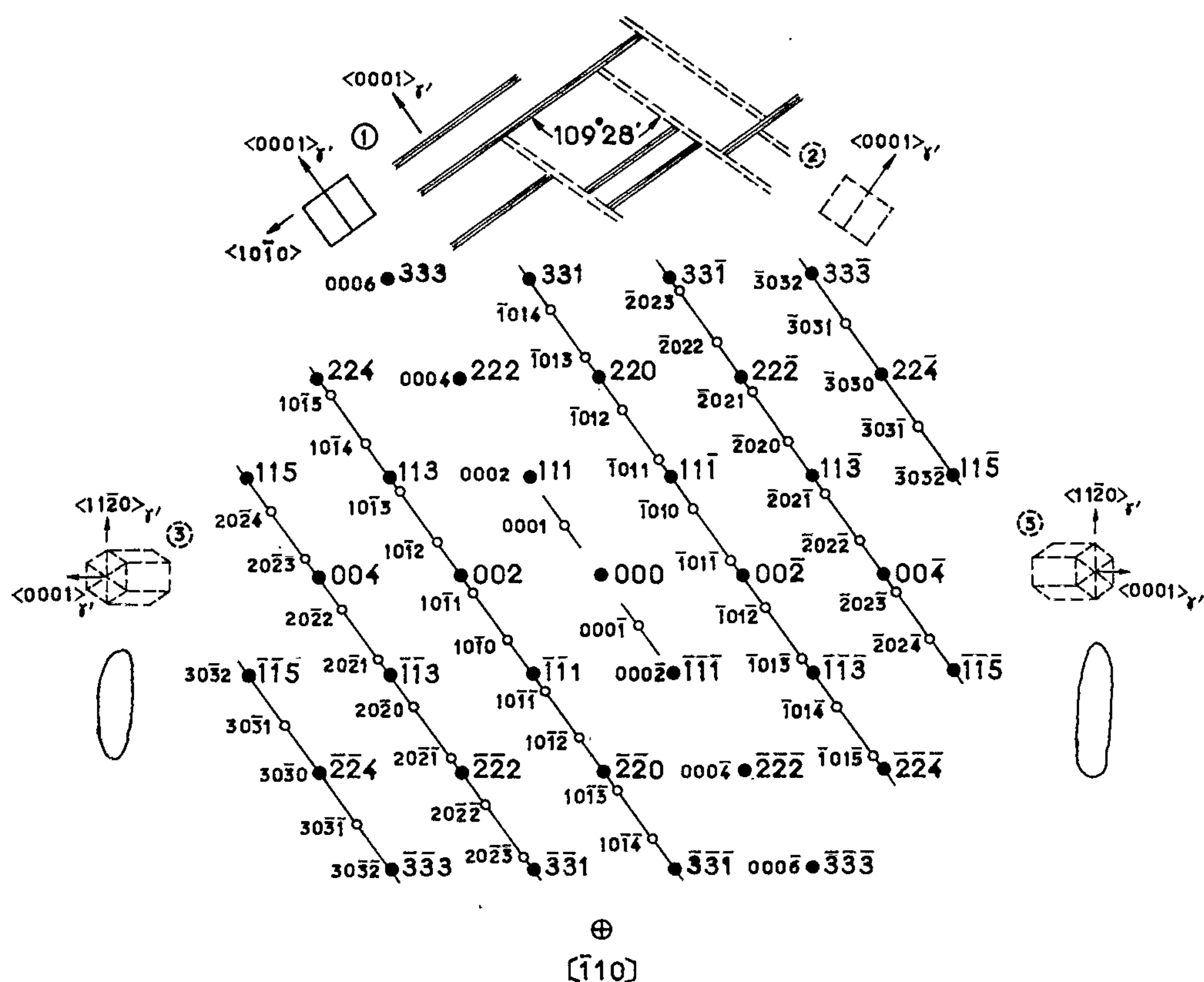


Fig. 3. — Dessin expliquant la relation cristallographique entre les cristaux de précipités Ag_2Al dans la figure 1 et le diagramme de diffraction correspondant dans la figure 2. Les indices de Miller sont indiqués par les grands chiffres pour la matrice (phase δ), et par les petits chiffres pour les précipités (phase γ'). Les cristaux de précipités sont représentés auprès des mailles élémentaires de phase γ'.

développent selon la relation (A). La figure 1 montre des zones sphériques, correspondant vraisemblablement à la zone G. P. [1]. Une structure identique a été observée dans le même alliage trempé et recuit dans des conditions convenables.

L'orientation (110) présente une autre direction $\langle 111 \rangle$; celle-ci correspond sans doute à l'image des aiguilles selon la relation (A) ($[11\bar{1}]$ dans la figure 3). On peut obtenir les taches de diffraction correspondantes en faisant tourner tous les petits cercles blancs de 180° autour de l'axe [110], dans la figure 3, où ils ont été supprimés pour des raisons de simplicité. On obtient une belle figure de Widmanstätten, où deux groupes d'aiguilles

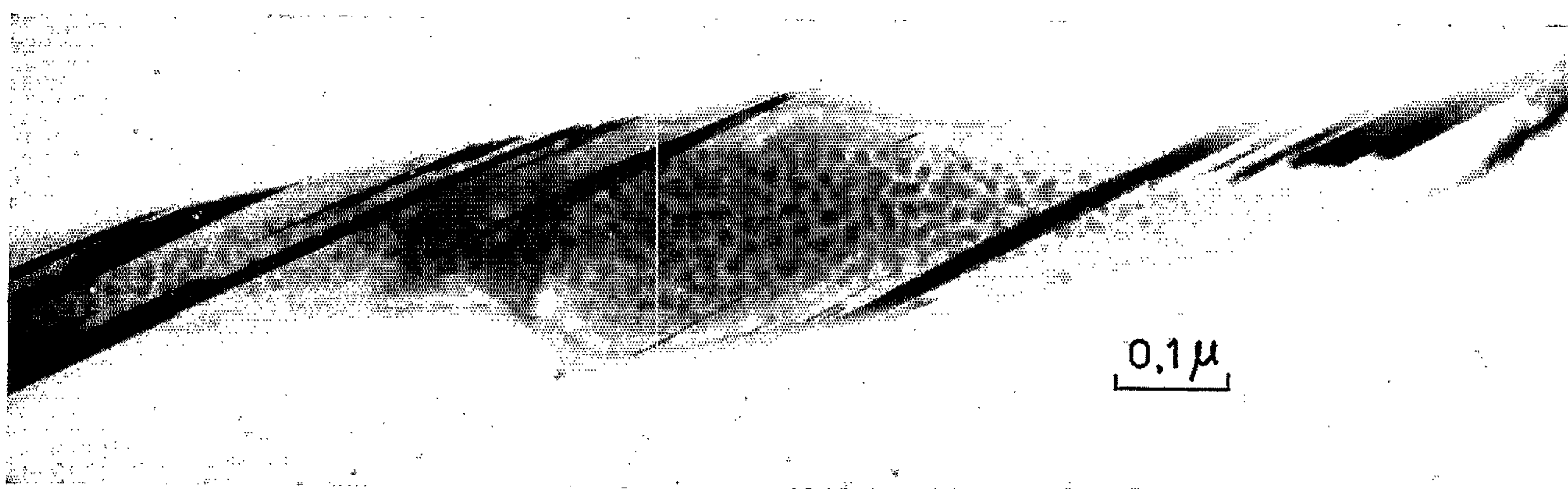
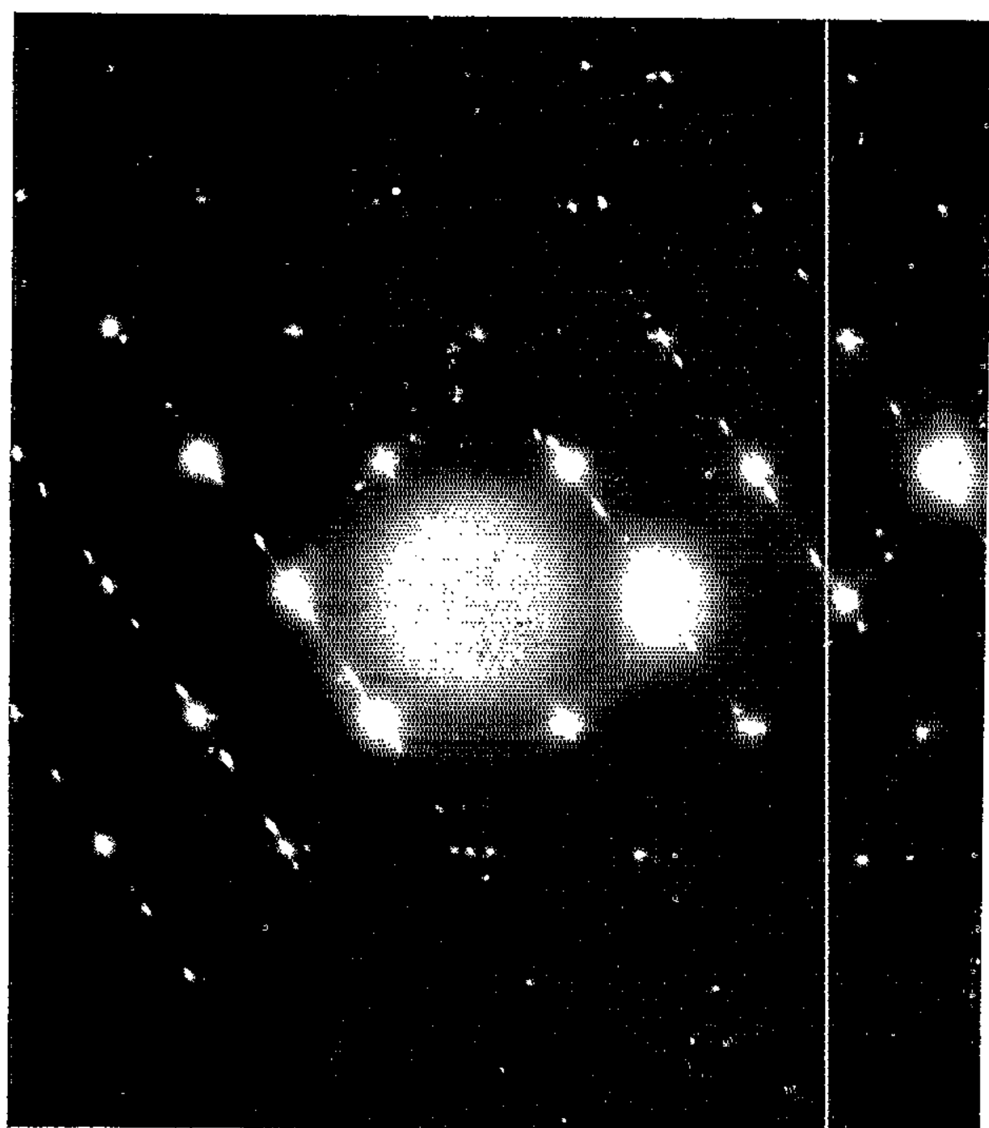


Fig. 1. — Micrographie électronique montrant les précipités de Ag_2Al et les zones sphériques développés dans un film mince de Al-25 % Ag préparé par une méthode de fusion.



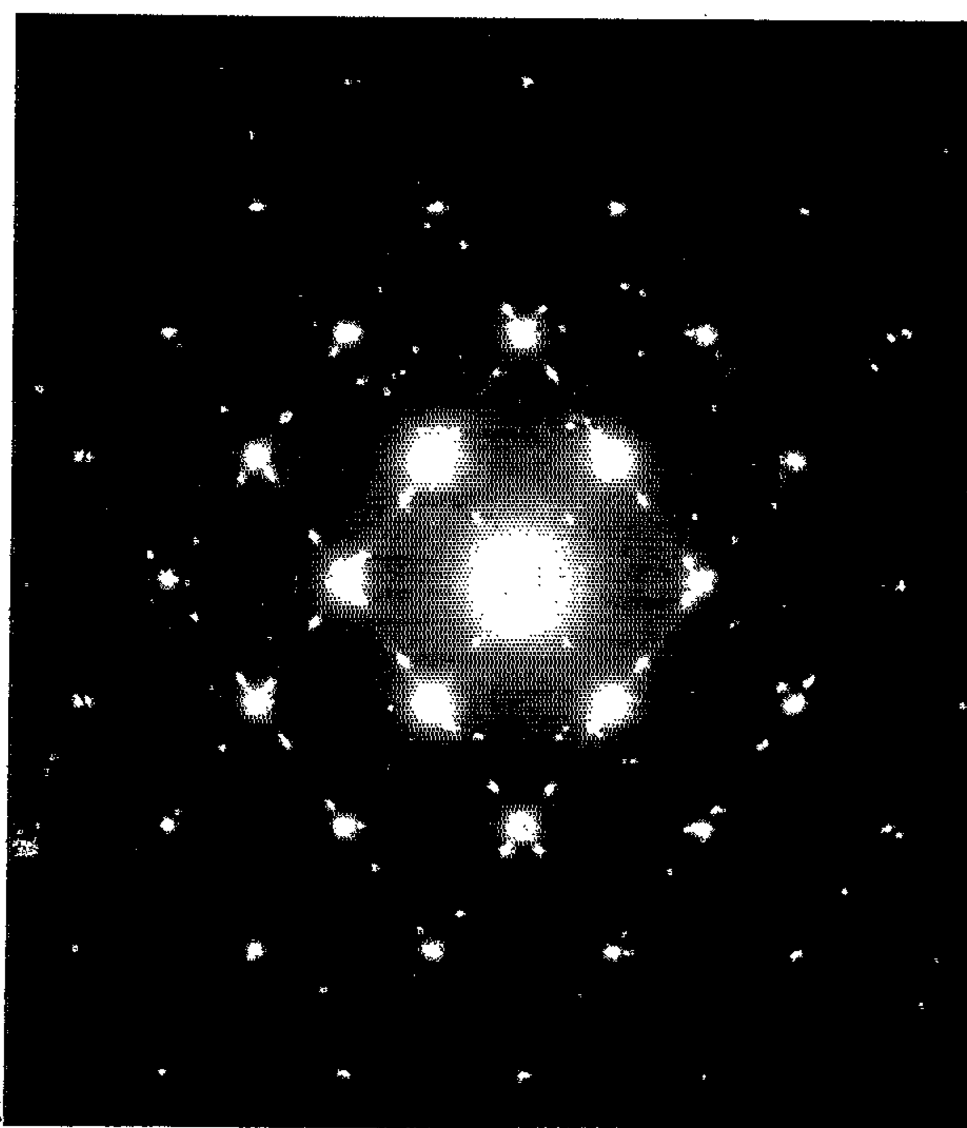
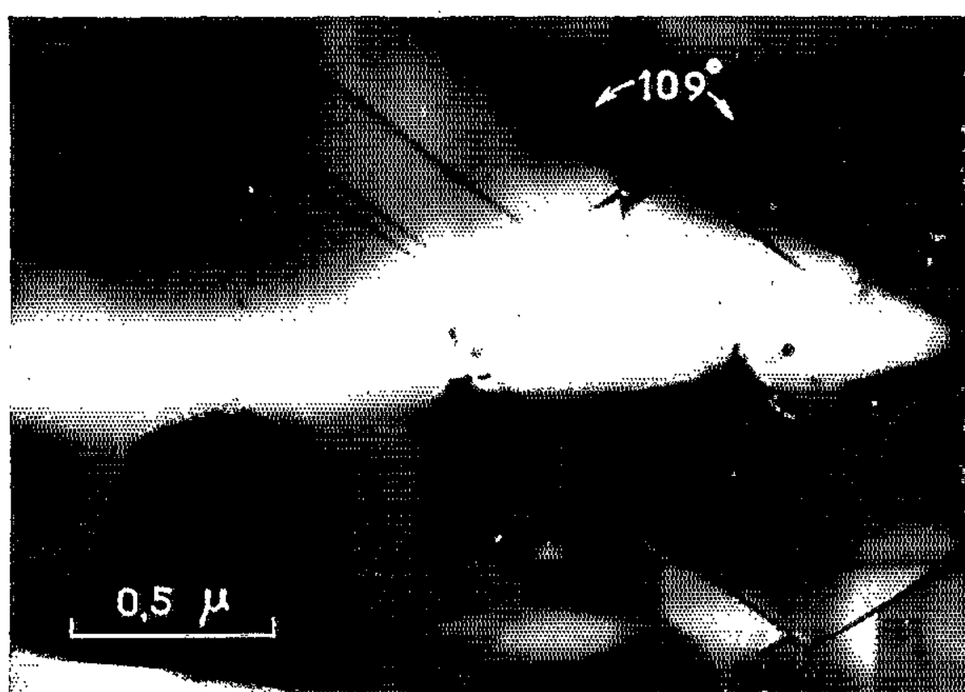


Fig. 2. Fig. 4.

Fig. 2. — Diagramme de microdiffraction correspondant à la figure 1.

Fig. 4. — Diagramme de diffraction électronique montrant le développement de deux groupes d'aiguilles de Ag_2Al.



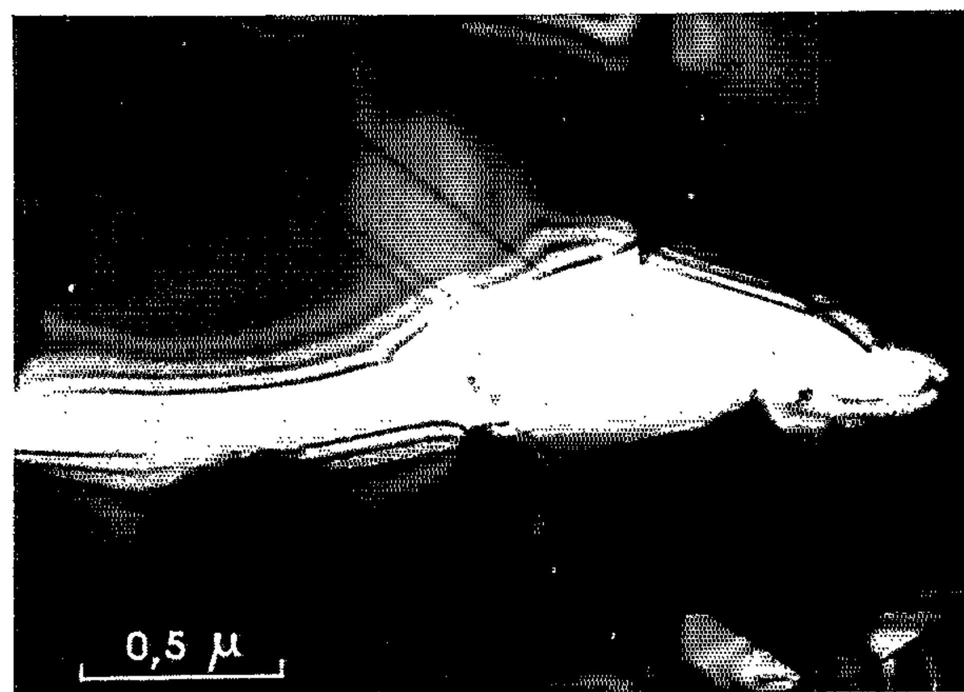


Fig. 5. Fig. 6.

Fig. 5 et fig. 6. — Micrographies électroniques montrant le développement de deux groupes d'aiguilles de Ag_2Al.
Grande ouverture du condenseur. Ouverture normale du condenseur.

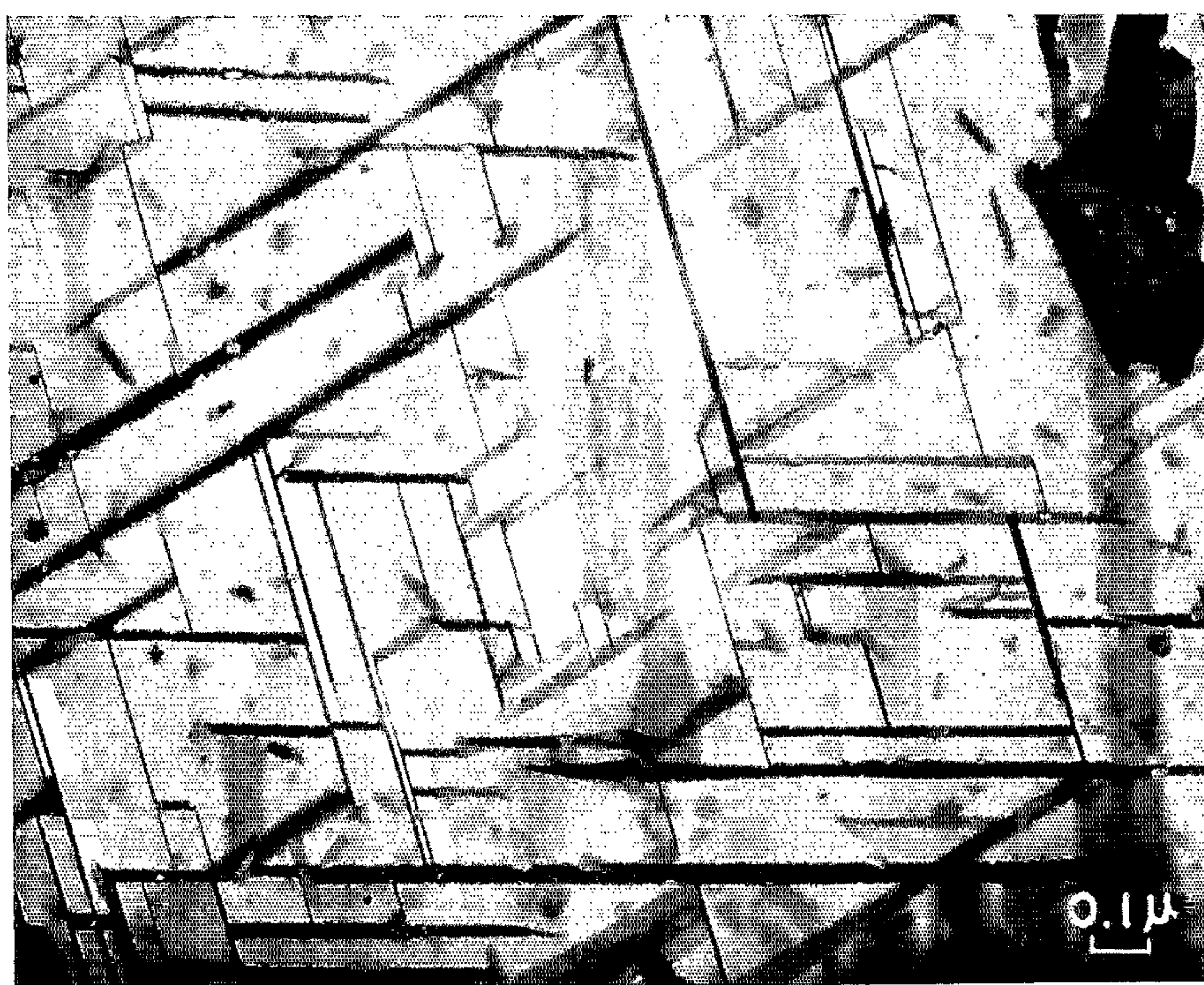


Fig. 7. — Micrographie électronique montrant les précipités de Ag_2Al bien développés par un chauffage après la préparation par fusion du film.

se croisent avec un angle d'environ 109°, correspondant à la valeur 109°28′ de l'angle des deux directions [111]; et [11$\bar{1}$]; (*fig.* 3).

La figure 4 montre un diagramme typique. Les taches de surstructure sont plus nettes que dans la figure 1. L'image correspondante montre que l'angle entre deux groupes de précipités dans l'orientation (110) est exactement 109° (*fig.* 5). Divers auteurs ont obtenu, à partir du film aminci électrolytiquement du même alliage trempé et recuit, un diagramme identique ([2]).

Signalons une troisième orientation ([3]), représentée par des pointillés dans la figure 3. Elle correspond à la relation (A), mais les axes ⟨0001⟩ sont inclinés de 54°44′ par rapport à l'axe [001] de la figure 3. Les plans des plaquettes de précipités disposées selon la relation (A) doivent donc se trouver inclinés de 35°16′ par rapport à la surface du film. Ces précipités présentent souvent des franges (*fig.* 6), qui feront l'objet d'une prochaine Note.

Les orientations autres que (110) ont été observées, quoique moins fréquemment. Dans le cas (100), les taches de diffraction devraient révéler la présence de la faute d'empilement dans le plan {111} lors du développement des cristaux de phase γ' selon la relation (A) ([3]); ce phénomène n'apparaît pas nettement.

L'épaisseur du film préparé par fusion n'est pas constante; elle varie progressivement, comme le montrent les franges d'égale épaisseur de la figure 6. La partie la plus mince donne des images de cristaux très fins (*fig.* 1), qui correspondent au début de la précipitation; la partie la plus épaisse montre des précipités plus développés.

Sous la tension d'accélération utilisée (100 kV), les électrons ne peuvent pas pénétrer une épaisseur supérieure à quelques milliers d'angströms. On a cependant remarqué la différence, due à l'épaisseur, dans le développement des cristaux de précipités : dans la partie la plus mince, la vitesse de refroidissement est plus grande.

On peut développer de grands cristaux de phase γ' par un traitement thermique postérieur (*fig.* 7).

D'après ces expériences le processus de refroidissement des échantillons n'est pas rapide. Il correspond à celui de coulés industriels : les films préparés par fusion permettent donc d'étudier ces derniers à l'état de films minces. Il semble que l'effet de trempe ne peut être obtenu que par un refroidissement beaucoup plus rapide que celui utilisé par Ogawa ([4]).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

([1]) R. B. NICHOLSON, G. THOMAS et J. NUTTING, *J. Inst. Metals*, 87, 1958-1959, p. 429.
([2]) R. B. NICHOLSON et J. NUTTING, *Act. Metall.*, 99, 1961, p. 332.
([3]) G. GOTTSCHE, *Z. Physik*, 134, 1953, p. 504.
([4]) S. OGAWA et Y. FUKANO, *Act. Cryst.*, 9, 1956, p. 971.

(*Laboratoire d'Optique électronique du C. N. R. S., Toulouse.*)

PHYSIQUE DES PLASMAS. — *Chauffage d'un plasma par piégeage des ondes à polarisation circulaire droite.* Note (*) de MM. **Térenzio Consoli**, **Georges Ichtchenko** et Mme **Micheline Weill**, présentée par M. Francis Perrin.

On donne le principe d'une méthode de chauffage basée sur le « piégeage électromagnétique » de l'énergie transportée par l'onde droite. On le compare au piégeage optique d'une onde lumineuse infrarouge.

Le chauffage d'un milieu ionisé dense ($n_e > 10^{14}$ e/cm^3) reste toujours dans la physique du plasma, un problème d'une importance fondamentale.

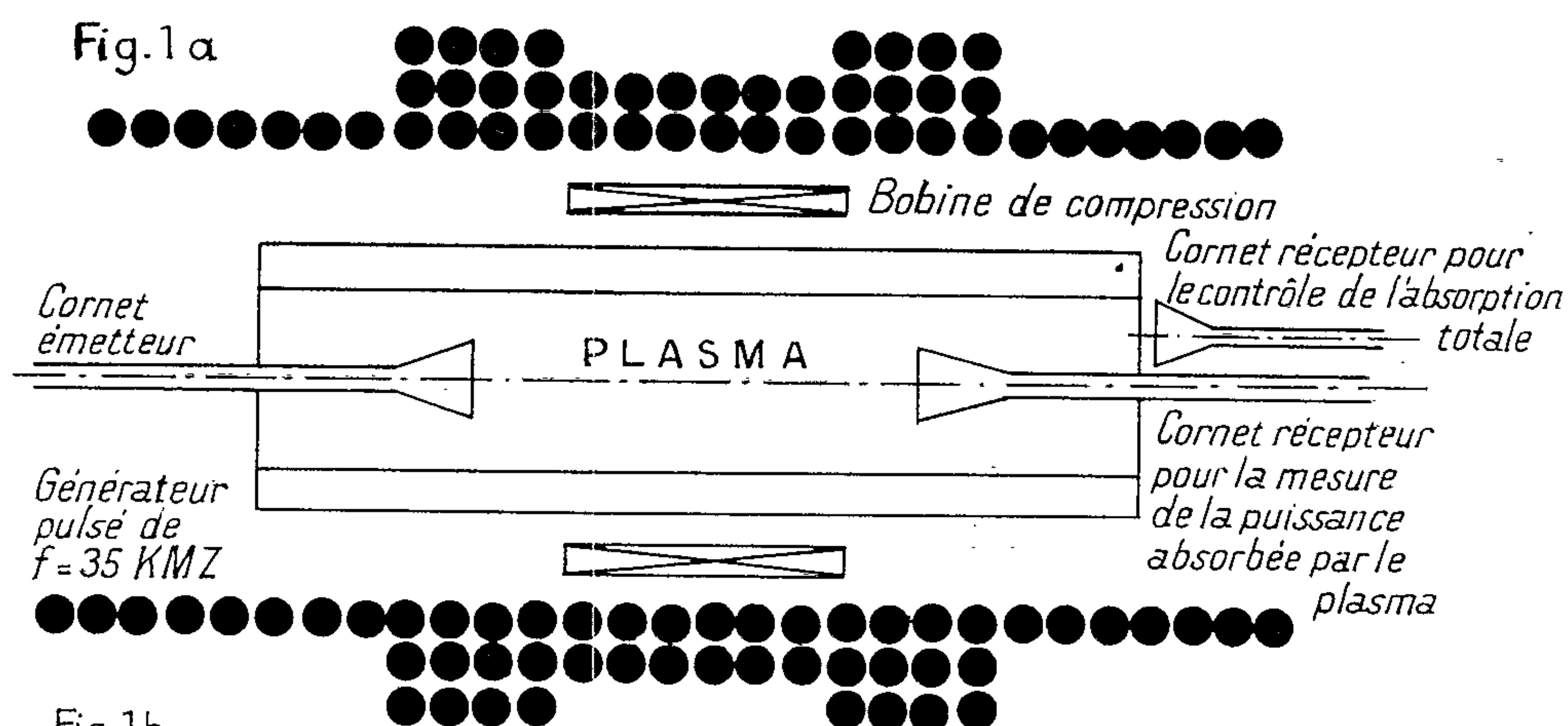
Parmi les procédés utilisables à cette fin rappelons les chauffages par champs H. F. oscillants sur une fréquence caractéristique du plasma. On sait toutefois que leur efficacité se heurte à des limitations liées en particulier à la faible pénétration du champ H. F. dans le plasma dense.

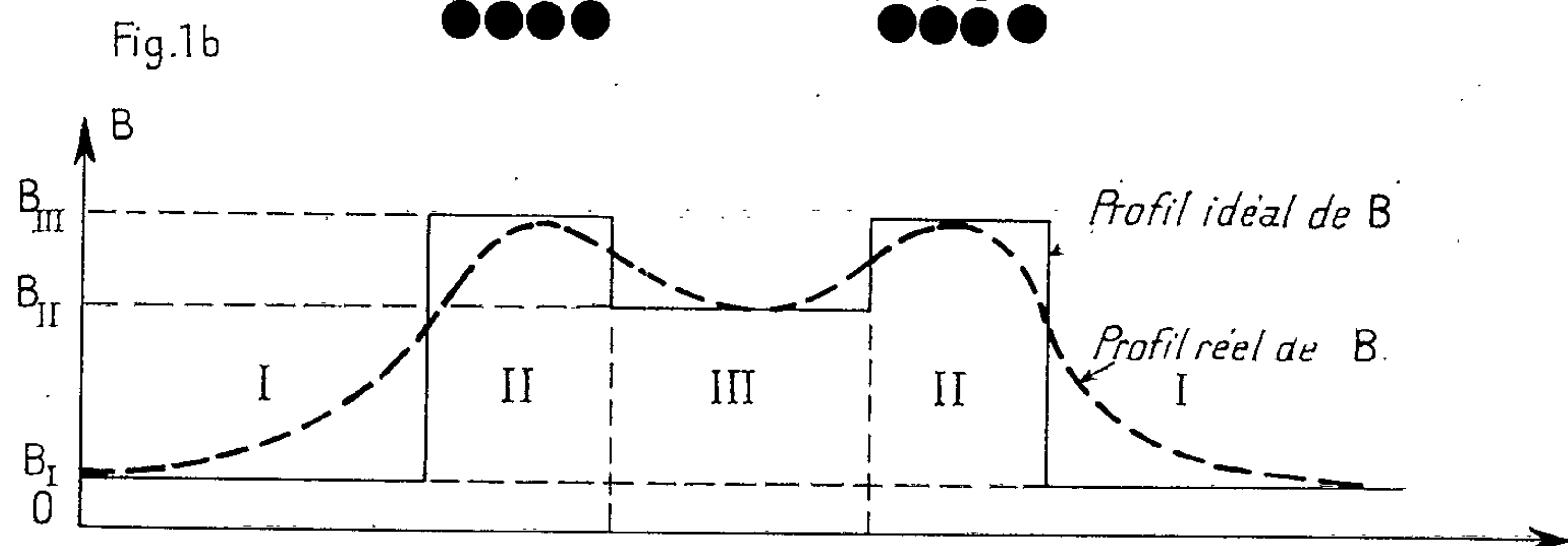
Des artifices ont été envisagés avec plus ou moins de succès pour tourner cette difficulté. Nous proposons dans cette Note un dispositif nouveau résultant de nos études sur la propagation d'ondes à polarisation circulaire [1]. Nous avons effectivement pu vérifier [2] ainsi que le prévoit la théorie, qu'un plasma dense $\omega_p \gg \omega_{\text{H.F.}}$ est transparent à une onde droite de pulsation $\omega_{\text{H.F.}}$ quand la condition de propagation du mode « Siffleur » $\omega_{ce} > \omega_{\text{H.F.}}$ (ω_{ce}, pulsation cyclotron) est satisfaite. Nous avons pu propager le long du champ magnétique dans un plasma de densité $n_e = 5{,}5 . 10^{13}$ e/cm^3 une onde de fréquence 35 kMc/s alors que transversalement le plasma était réfléchissant à l'onde de fréquence $f = 150$ kMc/s.

Principe du chauffage basé sur le piégeage de l'onde droite. — On se propose de chauffer la composante électronique d'un milieu ionisé, le transfert de l'énergie à la composante ionique se faisant par l'intermédiaire des collisions. L'énergie H. F. de chauffage est concentrée sur la région à chauffer (*fig.* 1 *b*, région III) par un dispositif d'attaque approprié. Une configuration particulière du champ magnétique statique ou pulsé (*fig.* 1 *a* et 1 *b*) assure le « piégeage » de l'onde de chauffage à polarisation circulaire droite et permet le transfert de son énergie en totalité au plasma.

En effet, le choix des valeurs du champ magnétique sont telles que (*fig.* 1 *b*) en I ($\omega_{ce} < \omega_{\text{H.F.}}$) il y a réflexion de l'onde, en II ($\omega_{ce} > \omega_{\text{H.F.}}$) propagation avec faible atténuation et en III ($\omega_{ce} = \omega_{\text{H.F.}}$) amortissement. Dans l'hypothèse que, par suite d'un effet Doppler les électrons à la résonance cyclotron n'absorbent pas l'énergie de l'onde dans sa totalité, les réflexions multiples sur les régions limites I où les vitesses de phase et de groupe de l'onde sont nulles, s'opposent à son émergence et assurent son absorption totale.

Cette onde est introduite dans la zone II à gauche de la figure 1 *a* par un dispositif émetteur à cornet corrigé par une lentille convergente. Le premier cornet récepteur à droite est destiné à contrôler l'amplitude de l'onde à chaque arrivée au niveau de la couche réfléchissante. Le deuxième cornet récepteur vérifie l'absence de tout champ H. F. à l'extérieur de la colonne de plasma.





Dispositif expérimental pour l'étude du chauffage d'un plasma dense par piégeage des ondes polarisées circulairement.

Régions I. $\omega_{ce} < \omega_{U.H.F.}$: Pas de propagation des ondes circulaires qui sont réfléchies.
» II. $\omega_{ce} > \omega_{U.H.F.}$: Propagation des ondes circulaires.
Région de faible absorption.
Réflexion des particules chargées.
» III. $\omega_{ce} = \omega_{U.H.F.}$: Région de forte absorption.
Résonance cyclotron.

L'énergie transversale transférée aux électrons ne peut les « découpler » pour en faire des « run away »; au contraire, elle assure une meilleure réflexion des électrons accélérés sur les miroirs magnétiques en II (*fig.* 1 *b*). Le temps de transit de l'onde étant quasi infini, ces électrons accélérés et réfléchis sur les bouts de la bouteille magnétique ont tout le temps de se thermaliser sur les ions.

Choix de la fréquence de travail et de la longueur d'impulsion. — Nous avons choisi pour deux raisons la fréquence de 35 kMc/s. En effet, on dispose d'une part, dans cette bande de générateurs U. H. F. très puissants

$P > 120$ kW et, d'autre part, la pulsation $\omega_{H.F.}$ étant beaucoup plus grande que la fréquence de collision $e-i$ du plasma dense, les électrons ont plusieurs cycles d'accélération et acquièrent entre deux collisions une énergie considérable.

Le choix d'impulsion (durée de l'impulsion de l'ordre de la microseconde) beaucoup plus courte que la durée de vie des ions ne défavorise pas l'absorption de l'énergie de l'onde, puisqu'elle reste piégée même si elle n'est pas absorbée en un seul trajet.

Un dispositif semblable consisterait à piéger optiquement la lumière d'un laser à rubis entre deux miroirs concaves situés aux bouts de la décharge (aux pertes près par réflexions et diffusion sur les obstacles), l'énergie du faisceau étant alors absorbée sur toute la longueur de la colonne.

On pourrait penser que ce dispositif est plus avantageux puisque les puissances disponibles dans le même temps sont supérieures au mégawatt. Il n'en est rien car ω_{optique} étant $\gg \omega_0$ on perd, d'une part le bénéfice du piégeage électromagnétique qui est plus efficace que la réflexion optique multiple sur des miroirs situés au bout de la décharge, et d'autre part, l'absorption reste en faveur de l'onde de fréquence plus basse puisqu'elle dépend du facteur E/ω et qu'on a effectivement :

$$\left(\frac{E}{\omega}\right)_{\text{laser}} < \left(\frac{E}{\omega}\right)_{35\,\text{kM/s}}.$$

Conclusions. — Il n'a été rien dit sur la création du plasma, le bilan énergétique et la température théorique qu'on peut espérer avec une énergie donnée de chauffage, le but de cette Note étant d'attirer l'attention sur la possibilité de piéger simultanément par le même champ magnétique l'onde de chauffage et les particules chauffées.

(*) Séance du 15 octobre 1962.

(1) T. Consoli, M. Dagai, L. Dupas et G. Ichtchenko, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2046.

(2) T. Consoli, L. Dupas et G. Ichtchenko, *Physics Letters*, 1er juillet 1962, p. 267-269.

(*Service de Physique appliquée,*
Section d'Ionique générale, C. E. N., Saclay.)

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Sur les particularités de fonctionnement des contacts glissants en charbon employés sur bagues de machines synchrones.* Note de M. **Robert Mayeur**, présentée par M. Georges Darrieus.

Essai d'interprétation des particularités du contact charbon-bagues des machines synchrones. Mise en évidence d'une corrélation entre la chute de tension et les usures respectives du charbon et de la bague pour l'anode et pour la cathode. Conclusions quant à la nature des matériaux à retenir.

La pratique courante des machines synchrones fait apparaître les particularités suivantes du fonctionnement des balais électrographitiques ou graphitiques assurant l'excitation des rotors de ces machines par l'intermédiaire de bagues en acier sur lesquelles ils frottent :

1° le taux d'usure des balais « anode » est en général plus élevé que celui des balais « cathode »;

2° pour une même durée de service, l'usure de la bague est pratiquement nulle sous les balais anode, alors que l'usure de la bague sous les balais cathode peut être relativement importante;

3° pour un même courant unitaire traversant les balais, la chute de tension au contact est plus faible pour le balai anode que pour le balai cathode. Les courbes de chute relevées dans les mêmes conditions en fonction du courant unitaire présentent des aspects qui diffèrent nettement selon la polarité des balais : pour le balai anode, on enregistre la forme classique, d'allure plus ou moins hyperbolique, tandis que pour le balai cathode, la courbe est composée d'un premier tronçon très ascendant, pratiquement rectiligne et d'un deuxième tronçon peu arqué et de pente considérablement plus faible.

Ces particularités sont peu marquées lorsque les bagues sont constituées de cuivre ou d'alliages cuivreux convenables, mais sont plus importantes pour les aciers inoxydables que pour les aciers normaux, à tel point que les bagues de machines synchrones exécutées dans ces alliages occasionnent des difficultés considérables de fonctionnement des balais.

Il est possible de comprendre ces phénomènes en utilisant la relation que nous avons publiée antérieurement donnant la chute de tension interface E :

$$E = \frac{R_i}{m + n(E \pm \varepsilon)i}$$

dans laquelle :

i désigne le courant unitaire;

R la résistance d'un grain de charbon;

m un taux d'usure mécanique (exprimé en grains de charbon);

n le taux d'usure électrique (proportionnel au nombre de grains produits par seconde par une puissance de 1 W);

ε la différence de potentiel, statique, existant au contact de deux conducteurs de natures différentes.

Pour les balais formés de charbon seulement, ε doit être pris avec le signe + pour le balai anode, le signe — pour le balai cathode.

1. *Chute de tension au contact.* — La relation ci-dessus fait apparaître que, pour le balai cathode, tant que E est inférieur à ε, la chute a pour valeur $E = (Ri/m)$: en conséquence, tant que i est inférieur à la valeur critique i_0, la courbe de chute est une droite et la résistance de contact est constante. L'inclinaison de cette droite est celle de la tangente à l'origine des courbes anode et cathode, soit R/m.

Au-delà de la valeur i_0 du courant unitaire, la courbe reprend l'aspect classique mais le terme $n(E - \varepsilon)\, i$ étant faible pour les valeurs usuelles de i, la courbe est peu ascendante : il se manifeste ainsi une « cassure » du diagramme pour la valeur i_0.

Pour le balai anode, la courbe a l'allure classique mais comme le dénominateur de la relation est par l'effet du signe positif de ε beaucoup plus grand que pour le balai cathode (ε ayant le signe —), la chute du balai anode est nettement plus petite que celle du balai cathode.

Si l'on remarque que le dénominateur représente le nombre des grains assurant le passage du courant dans l'interface, il apparaît que pour une même valeur de i, ce nombre de grains est plus élevé pour le balai anode que pour le balai cathode. Chaque grain transmet donc une intensité plus élevée pour le balai cathode que pour le balai anode — et ce courant est susceptible de porter à l'incandescence une partie des grains « cathode » — d'où étincelles au balai cathode.

2. *Usures.* — Du fait que le nombre des grains sous le balai anode est supérieur au nombre des grains sous le balai cathode, en tenant compte de remarques publiées antérieurement, on peut déduire que le taux d'usure du balai anode est supérieur à celui du balai cathode. On notera d'autre part que tant que E est inférieur à ε, le balai cathode n'est soumis qu'à l'usure mécanique; par contre, le métal de la bague subit une usure électrique puisque le terme $(E - \varepsilon)$ est négatif. Cette usure électrique de la bague doit cesser lorsque i dépasse la valeur critique i_0.

3. *Différence de potentiel.* — Si l'on se base sur des tables, on note qu'entre acier écroui et charbon, ε est de l'ordre de 0,5 V.

D'après des diagrammes expérimentaux, la chute au contact du balai cathode sur bague acier est, pour la valeur critique i_0 de 0,8 à 1,2 V. Des calculs basés sur les chutes et usures « anode » et « cathode » donnent pour ε des valeurs comprises entre 0,4 et 0,8 V qui encadrent la valeur théorique approximative 0,5 V. Bien que les aciers et charbon soient différents dans les deux cas, on peut cependant déduire qu'il existe une « patine » à la surface des bagues puisque E est très supérieur à ε : en réalité les valeurs mesurées 0,8 à 1,2 V constituent la chute totale sous balai et non pas uniquement la chute interface.

....

4. La valeur de i_0 se situe vers 3 à 4 A/cm^2 : en deçà, puisqu'il n'y a pas usure électrique du charbon, le frottement n'est pas lubrifié pour le balai cathode. Dans ces conditions, le frottement est très élevé, entraînant vibrations et échauffement important du balai, étincelles. Il est donc nécessaire de faire fonctionner le balai cathode sous un courant unitaire nettement plus élevé que i_0, mais pour d'autres raisons exposées par ailleurs, le frottement reste cependant supérieur à celui du balai anode. Cependant, la forme du deuxième tronçon de la courbe « cathode » montre que l'augmentation du courant unitaire risque d'entraîner de dangereuses inégalités de répartition du courant entre les balais.

On notera encore que le frottement élevé du balai cathode accentue l'usure mécanique et, de ce fait, malgré l'usure électrique réduite, le taux d'usure total du balai cathode peut, contrairement à ce que nous avions mentionné ci-dessus et selon les circonstances, avoisiner et même exceptionnellement dépasser le taux d'usure du balai anode.

5. Pour la fabrication des bagues, l'emploi de métaux ou d'alliages dont la valeur de ε par rapport au charbon utilisé est très élevée entraîne une augmentation plus ou moins grande de i_0, d'où accroissement des difficultés de fonctionnement des balais. C'est ce qui se passe en particulier pour les aciers inoxydables, spécialement par l'effet du chrome. Par contre, cuivre et bronze sont plus favorables que l'acier à la bonne tenue des balais.

Des améliorations susceptibles d'améliorer le fonctionnement des balais cathode doivent être recherchées par incorporation aux balais de métaux ou sels (cuivre par exemple, même en taux modéré) capables d'abaisser la valeur de la différence de potentiel ε entre les balais et le métal de la bague.

(18, *rue du Colonel-Moll, Paris,* 17e.)

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Étude de l'influence sur la force électromotrice d'une machine à courant continu, d'un enroulement couplé à l'inducteur.* Note (*) de MM. **Jean-François Le Corre** et **Romane Mezencev**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs étudient l'influence d'un enroulement fermé sur lui-même et couplé à l'enroulement inducteur d'une machine à courant continu. Les résultats trouvés s'appliquent aux amplidynes où l'enroulement de neutralisation, généralement shunté par une résistance de réglage, joue le rôle ci-dessus évoqué.

1. Dans une Note précédente [1] nous avons montré, en utilisant une méthode harmonique, comment on peut étudier certains paramètres de l'enroulement inducteur d'une machine à courant continu quand il existait un second enroulement de self-inductance L_e fermé sur une résistance R_e et couplé à l'enroulement principal de self-inductance L_0 et de résistance R_0 par un coefficient d'inductance mutuelle M.

L'existence de cet enroulement, L_e, R_e, a pour effet de modifier la f. é. m. $\mathbf{E}_{AA'}$ aux bornes des balais de la machine qui n'est alors pas en phase, en général, avec le courant inducteur $\mathbf{I}$. La fonction de transfert $\mathbf{E}_{AA'}/\mathbf{I}$ peut, dans ces conditions, être obtenue à l'aide de deux mesures et d'une construction graphique simple dans le plan de Nyquist.

En admettant [2] que le courant produisant le flux à travers le rotor soit de la forme

$$\mathbf{I}_\varphi = \mathbf{I} + n\,\mathbf{I}_e \tag{1}$$

n, rapport de transformation du second enroulement par rapport à l'inducteur, et que ce flux soit proportionnel à $\mathbf{I}_\varphi$, on obtient

$$\mathbf{E}_{AA'} = K(\mathbf{I} + n\,\mathbf{I}_e). \tag{2}$$

En utilisant les équations (1) et (2) de la Note [1] et les mêmes notations, la relation (2) permet d'écrire

$$\frac{\mathbf{E}_{AA'}}{\mathbf{I}} = K\left(1 - n\,\frac{j\omega M}{R_e + j\omega L_e}\right) \tag{3}$$

qu'on peut mettre sous la forme

$$\frac{\mathbf{E}_{AA'}}{\mathbf{I}} = \mathcal{R} - j\mathcal{J}, \tag{4}$$

avec

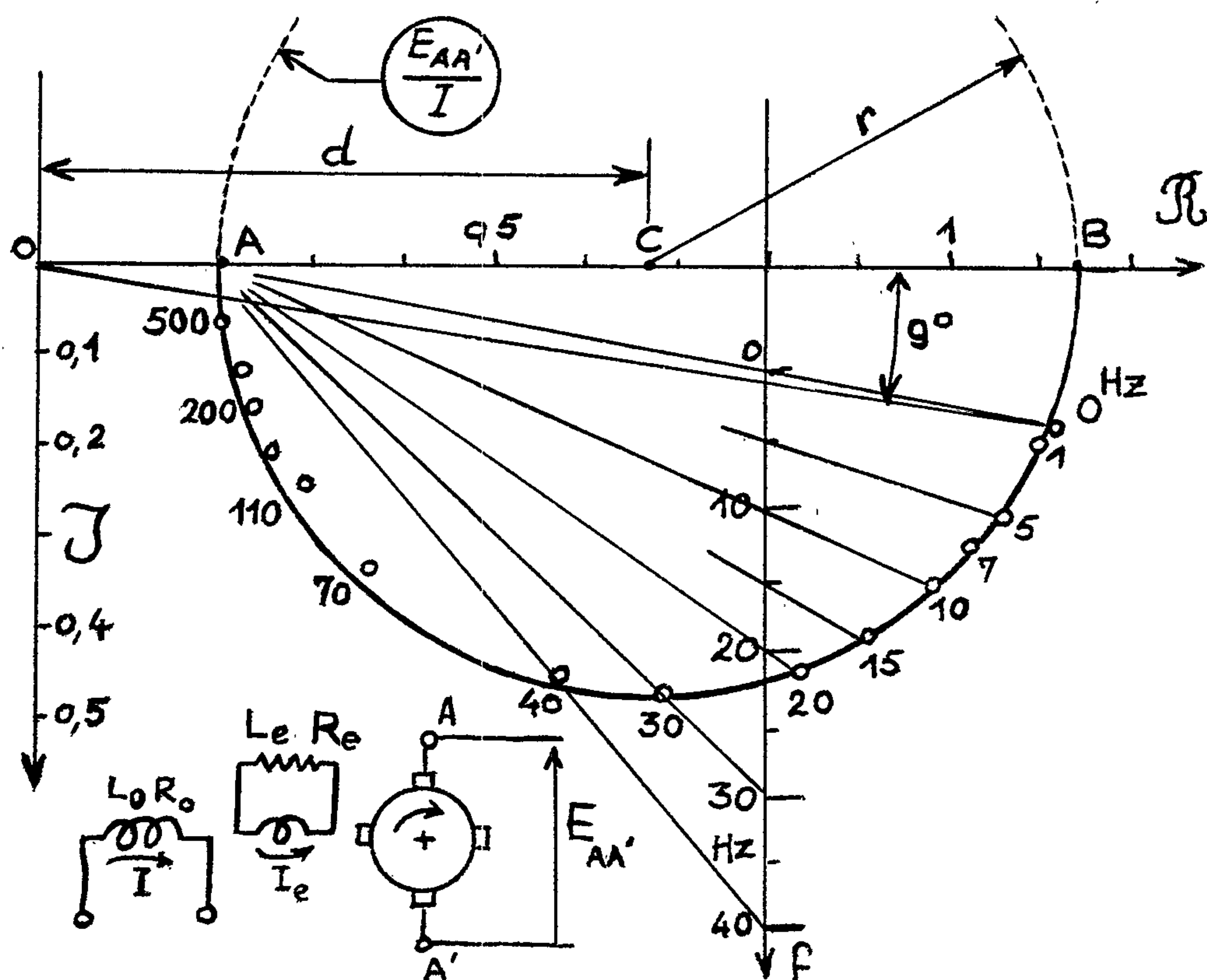
$$\mathcal{R} = K\left[1 - n\,\frac{M}{L_e}\,\frac{(\omega\tau_e)^2}{1 + (\omega\tau_e)^2}\right], \tag{5}$$

$$\mathcal{J} = K n\,\frac{M}{L_e}\,\frac{\omega\tau_e}{1 + (\omega\tau_e)^2}. \tag{6}$$

L'équation (3) montre que la fonction de transfert $\mathbf{E}_{AA'}/\mathbf{I}$ est, dans le plan de Nyquist, un cercle de rayon r centré sur Ox à une distance d de l'origine telle que

(7) $$d = \mathrm{OC} = \mathrm{K}\left(1 - \frac{n\mathrm{M}}{2\mathrm{L}_e}\right),$$

(8) $$r = \mathrm{K}\frac{n\mathrm{M}}{2\mathrm{L}_e}.$$



A l'aide des équations (5) et (6) on peut calculer τ_e, il vient

(9) $$\tau_e = \frac{\mathrm{K} - \mathcal{R}}{\mathcal{J}\,\omega}.$$

Connaissant K, $\mathcal{R}$ et $\mathcal{J}$ en fonction de la fréquence, on peut alors calculer τ_e comme le permet l'équation (7) de ([1]).

De plus, dans une inversion de centre A, l'inverse du cercle est une droite perpendiculaire à Ox qui peut être graduée linéairement en fréquence. A l'aide de cette droite on obtient la graduation en fréquence du cercle.

2. Nous avons vérifié expérimentalement cette propriété sur une amplidyne, dans laquelle l'enroulement de neutralisation fermé sur une résistance joue le rôle du circuit L_e, R_e. En effet, dans le cas de cette machine, on ne peut pas représenter les effets des courants de Foucault par un

enroulement fictif couplé à l'inducteur car la méthode harmonique montre alors que les paramètres, constante de temps de cet enroulement fictif et coefficient de couplage avec l'inducteur, sont fonctions de la fréquence et perdent ainsi toute signification.

Cependant, dans le cas d'une amplidyne, en mesurant la f. é. m. $\mathbf{E}_{AA'}$ et le courant $\mathbf{I}$ en fonction de la fréquence point par point, on constate que la fonction de transfert est un cercle, et le tracé d'une droite inverse permet de vérifier la position de ces points sur le cercle en fonction de la fréquence.

On remarquera que le point représentatif de $\mathbf{E}_{AA'}/\mathbf{I}$ pour $f = 0$ n'est pas sur Ox mais se trouve déphasé de 9° environ. Ceci est dû à l'hystérésis dans le fer. Le relevé du cycle d'hystérésis montre qu'elle a pour effet d'apporter un déphasage constant d'environ 9°.

Finalement la méthode proposée permet de déterminer graphiquement avec une très bonne précision la fonction de transfert $\mathbf{E}_{AA'}/\mathbf{I}$ en ne faisant des mesures que pour deux points, le point pour $f = 0$ et un autre, celui correspondant à la fréquence du réseau par exemple.

(*) Séance du 15 octobre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2949.

(2) J. J. BROCKMAN, *A. I. E. E.*, avril 1956, p. 145.

(*Laboratoire d'Électrotechnique et de Servomécanismes, Faculté des Sciences de Nantes, E. N. S. M.*, 3, *rue du Maréchal-Joffre, Nantes.*)

SPECTROSCOPIE. — *Multiplet fondamental du spectre d'arc du plutonium.* Note (*) de MM. **Jean Blaise, Mark Fred, Simon Gerstenkorn** et **Brian R. Judd**, présentée par M. Francis Perrin.

La structure du multiplet fondamental $5f^6\ 7s^2$ (^{7}F) du spectre d'arc du plutonium a été déterminée ainsi que les valeurs des facteurs de Landé des niveaux; la comparaison des résultats expérimentaux avec les valeurs théoriques est satisfaisante. Les structures hyperfines et les déplacements isotopiques de différents niveaux du multiplet ont été mesurés.

1. Jusqu'à présent seuls étaient connus les intervalles entre les cinq premiers niveaux du multiplet fondamental ^{7}F du plutonium neutre : les valeurs des trois premiers intervalles (2203,6, 2096,0 et 1844,6 K) entre les quatre premiers niveaux $^7F_0$ à $^7F_3$ ont été déterminées grâce à l'ensemble des informations données, d'une part par l'étude du spectre d'absorption du four King effectuée par J. G. Conway [1] et L. Bovey [2] et, d'autre part par la détermination des valeurs de J déduites à la fois des mesures d'intensités des composantes hyperfines par S. Gerstenkorn [3] et des figures Zeeman obtenues par L. Bovey et A. Ridgeley [4].

L'intervalle $^7F_3 - {^7F_4}$ (1630,2 K) étant connu grâce aux études de structures hyperfines [6], il restait à déterminer, pour connaître la totalité de la structure du multiplet ^{7}F, les deux derniers intervalles $^7F_4 - {^7F_5}$ et $^7F_5 - {^7F_6}$. Ces deux derniers intervalles, les plus difficiles à mettre en évidence (parce que les plus haut situés), sont maintenant connus.

Quant aux valeurs de g des niveaux du multiplet ^{7}F, seule était connue jusqu'ici, avec précision, la valeur du niveau $^7F_1$; cette valeur a été obtenue par résonance magnétique au Lawrence Radiation Laboratory à l'aide d'un jet atomique et trouvée égale à $1,4975 \pm 0,0010$ [5]. Ici, également, nous avons pu obtenir les valeurs précises de g des niveaux restant $^7F_2$ à $^7F_6$.

Ainsi, nous avons pu établir l'ensemble des données expérimentales (valeurs des termes T, des J, des g, des structures hyperfines et des déplacements isotopiques) intéressant la totalité du multiplet fondamental du plutonium neutre. Ces données figurent dans le tableau I et le paragraphe suivant rappelle en détail comment elles ont été obtenues.

2. Les intervalles entre les niveaux du multiplet ont été établis en se référant aux longueurs d'ondes mesurées soit antérieurement [7], soit en utilisant les longueurs d'ondes mesurées par J. Blaise grâce à des plaques photographiques prises par J. K. Brody à l'aide du grand spectrographe d'Argonne, et non publiées jusqu'ici.

Les valeurs de g de tous les niveaux, à partir de $^7F_2$ ont été déduites des figures Zeeman prises également à Argonne par M. Fred à l'aide d'une source constituée par un tube sans électrodes excité par haute fréquence contenant essentiellement l'isotope 240 du plutonium. Cette source a été réalisée par les soins de Earl Y. Worden Jr. du Lawrence Radiation

Laboratory à Livermore en Californie. Les structures hyperfines ainsi que les déplacements isotopiques proviennent des mesures effectuées par S. Gerstenkorn [6] à Bellevue à l'aide du spectromètre Fabry-Perot photoélectrique [8]. Les valeurs de J des cinq premiers niveaux ont été obtenues antérieurement soit à partir des structures hyperfines, soit à partir de l'effet Zeeman [9], tandis que les valeurs de J des deux derniers niveaux n'ont pu être mises en évidence que grâce aux figures Zeeman prises par M. Fred à Argonne à l'aide de la source mentionnée ci-dessus. En outre, l'utilisation de cette source a permis d'observer un grand nombre de raies autoabsorbées dont une grande partie correspond à des transitions aboutissant aux niveaux donnés dans le tableau I. Si l'on tient compte à la fois du fait que nous savions déjà que le niveau $^7F_1$, détecté par résonance magnétique, devait être un niveau très profond du spectre du plutonium neutre et du fait que le multiplet observé actuellement permet de classer la totalité des raies intenses du spectre de PuI, il devient clair que tous les niveaux observés du tableau I appartiennent bien au multiplet le plus profond de la configuration $5f^6\,7s^2$ qui est le multiplet ^7F.

TABLEAU I.

Niveaux.	Intervalles [K(*)].	T_{exp} [K(*)].	T_{calc} [K(*)].	g_{exp}.	g_{calc}.	Structure hyperfine Pu 239.	Déplacement isotopique 239-240.
$^7F_0$......		0,00	0,00	0/0	0/0	0	0 (***)
	2203,55						
$^7F_1$......		2202,55	1943,52	1,495 (**)	1,498	0,25	0
	2096,00						
$^7F_2$......		4299,55	4325,71	1,488	1,489	2,3	0
	1844,79						
$^7F_3$......		6144,34	6172,75	1,475	1,461	7	–
	1630,11						
$^7F_4$......		7774,45	7789,82	1,467	1,465	12	–
	1404,60						
$^7F_5$......		9179,05	9057,40	1,458	1,448	17	–
	1059,19						
$^7F_6$......		10238,24	10050,94	1,424	1,424	24	–

(*) 1 K = 1 cm^{-1}.
(**) La valeur obtenue par jet atomique est égale à $g = 1,4975 \pm 0,0010$.
(***) Le niveau $^7F_0$ étant pris comme terme de référence.

3. Pour terminer il nous reste à faire quelques remarques concernant la position des niveaux et la valeur de leurs facteurs de Landé.

Dans le cas d'un couplage purement L.S, la valeur de g de chacun des sept niveaux du multiplet ^7F devrait être égal à 1,5. Cependant les termes de la configuration f^6s^2, autre que le multiplet ^7F, apparaissent déjà vers 11000 cm^{-1} : on peut donc s'attendre à ce que ces termes viennent perturber les divers niveaux du multiplet ^7F. La perturbation des niveaux du multiplet ^7F sera d'autant plus sensible que les niveaux en question seront plus élevés, c'est-à-dire possédant les plus grandes valeurs de J. Comme les valeurs de g de la plupart des termes excités de la confi-

guration $f^6 s^2$ (autre que celui du multiplet ^{7}F) sont inférieures à 1,5, le couplage intermédiaire aura donc pour effet de réduire les valeurs de g des niveaux du multiplet ^{7}F d'une quantité d'autant plus marquée que le niveau est situé plus haut, c'est-à-dire possède une valeur de J élevée.

Les valeurs expérimentales des niveaux du multiplet ^{7}F ainsi que les valeurs mesurées de g, concordent d'une façon étonnante avec les valeurs calculées figurant au tableau I. Les valeurs calculées sont dues à J. Conway (Lawrence Radiation Laboratory) et ont été obtenues grâce à un programme de calcul préparé par W. G. Wybourne, à l'aide de données fournies par G. S. Ofelt [10]. Ce programme a été établi en supposant $\zeta = 2150$ cm^{-1}; $F_2 = 215$ cm^{-1}; les autres rapports des paramètres de Slater ayant des valeurs hydrogénoïdes.

(*) Séance du 15 octobre 1962.

(1) J. G. Conway, *J. Opt. Soc. Amer.*, 44, 1954, p. 276.
(2) L. Bovey, *Spectrochimica Acta*, 10, 1958, p. 383.
(3) S. Gerstenkorn, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 825.
(4) L. Bovey et A. Ridgeley, *A. E. R. E.*, R. 3393, 1960.
(5) J. C. Hubbs, R. Marrus, W. A. Nierenberg et J. L. Worcester, *Phys. Rev.*, 109, 1958, p. 390-398.
(6) S. Gerstenkorn, *Thèses*, Paris, 1962 (*Annales de Physique*).
(7) J. R. Mc Nally Jr, *O. R. N. L.*, 2154, 14 juin 1960.
(8) R. Chabbal et P. Jacquinot, *Revue d'Optique*, Octobre 1961.
(9) L. Bovey et S. Gerstenkorn, *J. Opt. Soc. Amer.*, 5, n° 5, 1961, p. 522.
(10) G. S. Ofelt, *Thèse*, Johns Hopkins University, Baltimore, 1962.

(*Laboratoire Aimé Cotton, C. N. R. S., Bellevue.*)

RAYONS X. — *Transitions quadrupolaires et interdites dans les spectres* L *des éléments lourds : tungstène* 74, *rhénium* 75 *et plomb* 82. Note (*) de

MM. **Bhaskar Gangadhar Gokhale** et **Kripa Shanker Srivastava**, présentée par M. Francis Perrin.

Avec un spectrographe à cristal de mica courbé sur 40 cm, de nouvelles transitions quadrupolaires ou interdites sont observées dans les spectres L des éléments lourds : W, Re, Pb. Quelques mesures anciennes sont précisées.

Nous avons cherché, au Laboratoire de Physique de l'Université de Lucknow (Inde), à mettre en évidence dans les spectres L des éléments lourds des raies de très faible intensité, quadrupolaires ou interdites, qui n'ont pas encore été observées ([1]). Nous présentons ici de nouveaux résultats concernant les spectres des éléments W, Re, Pb.

Les spectres ont été obtenus à l'aide d'un spectrographe à cristal de mica courbé sur un rayon de 40 cm. Les plans réticulaires utilisés étaient soit ($\bar{2}01$) en premier ou second ordre (dispersion environ 5,5 U. X./mm et 11,5 U. X./mm respectivement) ou ($\bar{4}03$) en premier ordre (dispersion environ 5,5 U. X./mm). Ces derniers ayant une constante réticulaire de 1,263 Å, sont inclinés à 12°45′ sur la normale aux plans de clivage. Ils donnent une réflexion assez intense en premier ordre et très faible en second ordre. Le régime de fonctionnement du tube démontable à rayons X a varié, suivant les cas, de 15 à 25 kV et de 2 à 5 mA. Les temps de pose étaient compris entre 5 et 24 h.

L'anticathode était constituée par une pastille métallique sertie dans du cuivre dans le cas de W et Pb, ou une poudre métallique déposée sur du cuivre dans le cas du Re.

Nous avons pu mettre en évidence dans les spectres étudiés plusieurs émissions quadrupolaires ou interdites qui n'avaient pas été signalées dans les travaux antérieurs ([2]). Nous avons soigneusement vérifié que les raies observées ne sont pas attribuables aux impuretés ou aux réflexions d'ordre multiple. Les longueurs d'onde des émissions nouvelles ont été mesurées en prenant les raies $K\alpha_1$, α_2 et β_1 des éléments Ni, Co, Cu, Zn, As et Se comme raies de référence. Elles sont données dans le tableau I.

Nous avons aussi pu confirmer l'existence de quelques transitions qui ont été signalées antérieurement ([2]), mais dont l'existence n'avait pas été confirmée par d'autres chercheurs.

Le tableau II résume les données relatives à ces transitions.

On voit que les valeurs de ν/R observées par nous concordent beaucoup mieux avec les valeurs calculées ([3]) que celles des travaux antérieurs, en particulier pour la transition $L_{II}N_{II}$ de Pb.

En ce qui concerne $L\beta'_7$ de Re, Y. Cauchois signale que, dans ses spectres, cette raie est accompagnée du côté des courtes longueurs d'ondes, d'une

raie blanche caractéristique de la structure cristalline du cristal analyseur (quartz). Or on sait [4] que de telles raies blanches sont accompagnées des deux côtés par un noircissement accru dont l'effet serait de déplacer le centre de gravité du noircissement dû à β'_7 vers les courtes longueurs d'ondes. Dans nos spectres, la mesure de la raie β'_7 de Re doit être plus précise, du fait que cet accident ne se produit pas.

TABLEAU I.

Élément.	Transition.	Nature.	λ (U. X.).	$\left(\frac{\nu}{R}\right)_{obs}$.	$\left(\frac{\nu}{R}\right)_{calc}$ [3].
W	$L_I M_I$	*i*	1 333,7	683,27	683,4
	$L_I O_I$	*i*	1 029,6	885,06	885,4
	$L_{II} N_{II}$	*i*	1 119,5	814,00	813,93
Re	$L_{II} M_{II}$	*i*	1 333,8	683,21	683,31
	$L_{II} N_{II}$	*i*	1 081,7	842,48	842,71
	$L_{III} M_{II}$ (t)	*q*	1 575,6	578,35	578,48
	$L_{III} M_{III}$ (s)	*q*	1 514,7	601,60	601,68
Pb	$L_I M_I$	*i*	1 030,2	884,56	884,7
	$L_{II} M_{II}$	*i*	1 062,2	857,91	857,7
	$L_{II} N_V$	*i*	836,5	1 089,38	1 089,1

TABLEAU II.

Élément.	Transition.	Nature.	Auteurs.	λ (U. X).	$\left(\frac{\nu}{R}\right)_{obs}$.	$\left(\frac{\nu}{R}\right)_{calc}$ [3].
W	$L_{II} N_{III}$	*q*	Claësson	1 112,6	819,05	818,93
			Gokhale et Srivastava	1 112,7	818,97	
Re	$L_{III} N_{VI, VII} \beta'_7$	*q*	Cauchois	1 178,9	772,98	772,83
			Gokhale et Srivastava	1 179,19	772,81	
Pb	$L_{II} N_{II}$	*i*	Cauchois	858,69	1 061,23	1 063,5
			Gokhale et Srivastava	856,7	1 063,70	

(*) Séance du 29 octobre 1962.

[1] B. G. Gokhale, A. N. Nigam et K. S. Srivastava, *J. Sc. Industr. Res. India*, 18 B, 1959, p. 449; A. N. Nigam et K. S. Srivastava, *Ibid.*, 19 B, 1960, p. 111; B. G. Gokhale et K. S. Srivastava, *Ibid.*, 21 B, 1962, p. 151; B. G. Gokhale et A. N. Nigam, *Ibid.*, 21 B, 1962, p. 155.

[2] P. Auger et A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 176, 1923, p. 1297; H. Beuthe, *Z. Physik*, 46, 1928, p. 873; S. Idei, *Sc. Rep. Tokohu Univ.*, 19, 1930, p. 559; H. Claësson, *Z. Physik*, 85, 1933, p. 231; S. Kaufmann, *Phys. Rev.*, 45, 1934, p. 385 et 613; Y. Cauchois, *J. Phys. Rad.*, 8, 1937, p. 267 et *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 762.

[3] A. E. Sandstrom, *Hand. Physik*, 30, 1957, p. 224.

[4] Y. Cauchois, H. Hulubei et J. Weigle, *Helv. Phys. Acta*, 102, 1937, p. 218.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Sur une résolution de l'équation de diffusion des électrons dans une source d'ions à excitation électrique de haute fréquence et couplage inductif*. Note (*) de MM. **Daniel Blanc** et **André Degeilh**, présentée par M. Gaston Dupouy.

On résoud l'équation de diffusion des électrons dans la chambre d'ionisation cylindrique de la source. Dans le cas où un champ électrique continu, parallèle à l'axe de révolution, est superposé, on établit l'expression du produit n D (n, densité électronique; D, coefficient de diffusion) dans le cas où la « fonction d'ionisation » (ν_i/D) est de la forme Ar^2 (ν_i, fréquence d'ionisation par électron; r, distance à l'axe de révolution; A, constante).

Nos expériences ont montré que dans la chambre d'ionisation (rayon R et longueur $2l$) d'une source d'ions H. F. à couplage inductif, la décharge par induction est *entretenue* par les forces électromagnétiques induites [1]. Les valeurs du libre parcours moyen des électrons sont toujours inférieures à R. La répartition des vitesses des électrons est maxwellienne et le facteur dominant de perte des électrons est la diffusion ambipolaire [2]; *il n'y a pas d'émission secondaire à partir des parois.*

Soient ν_i la fréquence d'ionisation par électron et D_a le coefficient de diffusion ambipolaire. Nous utilisons des coordonnées cylindriques; $z'z$ est l'axe de révolution de la source.

1. *Il n'existe pas de champ continu dans le plasma.* — Si n est la densité électronique on trouve [3] :

$$(1)\qquad n\,D_a = (n\,D_a)_0 J_0\left[2,405\left(\frac{r}{R}\right)^{\frac{\alpha+2}{2}}\right],\qquad \text{où}\quad \alpha = R\left[\frac{d}{dr}\left(\operatorname{Log}\frac{\nu_i}{D_a}\right)\right]_R,$$

$(n\,D_a)_0$ est la valeur prise par $n\,D_a$ sur l'axe ($r = 0$) et J_0 la fonction de Bessel de première espèce d'ordre zéro.

2. *Effet d'un champ électrique* E_c *continu, surimposé,* dirigé parallèlement à l'axe $z'z$. Les électrons sont alors perdus par diffusion et *mobilité.* Soit D le nouveau coefficient de diffusion, et μ le coefficient de mobilité. D n'est fonction que de r, mais n est ici une fonction de r et de z.

L'état de stabilité du plasma [4] est défini par la relation

$$(2)\qquad \Delta(n\,D) + \frac{\mu E_c}{D}\frac{d}{dz}(n\,D) + \frac{\nu_i}{D}(n\,D) = 0.$$

Supposons que $\nu_i/D = Ar^\alpha$, α étant une constante et A un coefficient positif.

Séparons les variables r et z, en posant : $(nD) = M(r)N(z)$. Soit k_1^2 la constante de séparation :

$$(3)\qquad \frac{d^2M}{dr^2} + \frac{1}{r}\frac{dM}{dr} + \left(\frac{\nu_i}{D} + k_1^2\right)M = 0,$$

$$(4)\qquad \frac{d^2N}{dz^2} + \frac{\mu E_c}{D}\frac{dN}{dz} - k_1^2 N = 0.$$

Il est difficile de donner une solution de l'équation (3) quand α est quelconque. Nous avons résolu cette équation dans le cas particulier où $\alpha = 2$.

Effectuons, dans l'équation (3), les changements de variable successifs :

$$M = e^{-\frac{\sigma r^2}{2}} Q(r), \qquad r^2 = k_1 \rho^2, \qquad \rho = \frac{u}{\sigma} \qquad \text{et} \qquad u^2 = \varphi.$$

Nous obtenons l'équation différentielle du second ordre, fonction de la variable φ :

$$(5) \qquad \frac{d^2Q}{d\varphi^2} + \frac{dQ}{d\varphi}\left[\frac{1}{\varphi} - \frac{k_1}{2\sigma}\right] + Q\left[\frac{1}{\varphi}\left(\frac{k_1^3}{4\sigma^2} - \frac{k_1}{2\sigma}\right) + \frac{k_1^3}{4\sigma^2}\left(\frac{A}{\sigma^2} + 1\right)\right] = 0$$

qui admet la solution

$$Q(\varphi) = W(1 - k_1, 1; \varphi),$$

où W est une fonction hypergéométrique confluente, à condition que la relation

$$k_1^2 + 4A = 0 \quad \text{soit satisfaite.}$$

La solution de l'équation (3) peut donc s'écrire sous la forme

$$(6) \qquad M(r) = e^{\frac{A}{k_1} r^2} \, W\left(1 - k_1, 1; -\frac{A}{k_1} r^2\right), \qquad \text{où} \quad \frac{A}{k_1} r^2 = \frac{1}{k_1} \frac{\nu_i}{D}.$$

D'autre part, la solution de (4) est

$$(7) \qquad N(z) = e^{-\frac{\mu E_c}{2D} z} \, \mathrm{sh}(Rz + C), \qquad \text{où} \quad R = \sqrt{\left(\frac{\mu E_c}{2D}\right)^2 + k_1^2}$$

et C est une constante.

L'exponentielle représente la déformation du sinus hyperbolique due au balayage des électrons. Par suite, la solution de l'équation (2) est de la forme

$$(8) \qquad n\,D = \mathrm{sh}(Rz + C)\, e^{\left(\frac{A}{k_1} r^2 - \frac{\mu E_c}{2D} z\right)} \, W\left(1 - k_1, 1; \frac{A}{k_1} r^2\right).$$

Les constantes sont déterminées par les conditions aux limites suivantes (la densité électronique est nulle sur les parois) :

$$n\,D = 0 \quad \text{pour } z = \pm 1 \qquad \text{soit} \quad \mathrm{sh}(\pm R l + C) = 0 \qquad \text{et} \qquad C \mp R l;$$

$$n\,D = 0 \quad \text{pour } r = R \qquad \text{soit} \quad W\left(1 - k_1, 1; \frac{A}{k_1} R^2\right) = 0.$$

D'après les tables de Jahnke et Emde [5], le zéro de la fonction hypergéométrique définit les paires de valeurs correspondantes A et k_1, à condition que $1 - k_1 < 0$, c'est-à-dire $k_1 > 1$.

Par exemple, pour $1 - k_1 = -1$, on a

$$\frac{A}{k_1} R^2 = 1, \qquad \text{soit} \quad k_1 = 2 \qquad \text{et} \qquad A = \frac{2}{R^2}.$$

Dans nos expériences (1), $R = 1,5$ cm et $2l = 6$ cm. Dans le système de Giorgi rationnalisé, une solution de l'équation (6) est donc

$$(9) \qquad \boxed{n\,D = \mathrm{sh}\,(Rz \pm 9.10^{-4})\, e^{\left(4,4.10^3 r^2 - \frac{\mu E_c}{2D} z\right)}\, W\left(-1,\, 1;\, \frac{r^2}{R^2}\right).}$$

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) A. DEGEILH, *Thèse Doctorat ès Sciences*, Toulouse, 1952, p. 95.

(2) L. B. LOEB, *Fundamental Processes of Electrical Discharges in gases*, John Wiley, New-York, 1939, p. 233.

(3) H. U. ECKERT, *Convair Sc. Res. Labor.*, San Diego, Calif., 1959.

(4) L. J. VARNERIN et S. C. BROWN, *Phys. Rev.*, 79, 1950, p. 946.

(5) E. JAHNKE et F. EMDE, *Tables of functions*, Teubner, Berlin, 1938, p. 278.

(*Laboratoire d'Optique électronique du C. N. R. S., Toulouse.*)

RAYON COSMIQUES. — *Indications nouvelles sur l'existence de grandes gerbes de l'air attribuables à des photons primaires.* Note (*) de MM. **Ryszard Firkowski, Jerzy Gawin, Roland Maze** et **Alexandre Zawadzki**, présentée par M. Francis Perrin.

On a décelé des grandes gerbes anormalement pauvres en particules pénétrantes attribuables à des photons primaires. La fréquence de ces gerbes représente 1 % de celle des gerbes ordinaires de même taille.

Dans notre article (1) nous avons mentionné la possibilité d'existence de photons de grande énergie (10^{15}-10^{16} eV) dans l'espace extra-atmosphérique et nous avons décrit un projet de méthode de leur détection par l'enregistrement des grandes gerbes anormalement pauvres en composante pénétrante.

Dans une publication suivante (2) nous avons présenté les résultats préliminaires démontrant l'existence possible de ces gerbes. Ici, nous présentons sous forme condensée l'analyse des résultats d'une série plus longue d'observations en utilisant un dispositif élargi : 18 mois d'enregistrement avec une surface effective sous plomb $S_p = 7{,}6\ \text{m}^2$ composée de $M = 56$ éléments branchés sur un hodoscope et 10 mois avec une surface $S_p = 14{,}1\ \text{m}^2$ composée de $M = 104$ éléments hodoscopés. La densité électronique est déterminée par 8 bancs composés de $K = 72$ compteurs nus hodoscopés d'une surface $0{,}125\ \text{m}^2$ chacun.

Chaque enregistrement indique le nombre m parmi M détecteurs actionnés sous plomb et en même temps la densité électronique déterminée par le nombre k parmi K compteurs nus touchés.

On divise l'ensemble des enregistrements en huit intervalles constants du $\log(\Delta_e S_p)$, la valeur $\Delta_e S_p$ représentant la moyenne du nombre des électrons tombant sur la surface de plomb. La signification de $\Delta_e S_p$ est indépendante du changement de la surface S_p, si l'on change conformément Δ_e. La largeur des intervalles $\log(\Delta_e S_p)$ est égale à 0,01, la valeur de $\Delta_e S_p$ changeant de 220 à 1380.

Le rapport des valeurs extrêmes est d'environ 7, néanmoins le nombre total des particules dans une gerbe observée varie de 10^5 à $2{,}5 . 10^6$ puisque à part la valeur $\Delta_e S_p$ c'est aussi la distance de l'axe d'une gerbe au centre du dispositif qui varie autour d'une distance la plus probable.

La fréquence des enregistrements des événements pénétrants peut être calculée par la relation

$$N_{m,k} = A\binom{M}{m}\int_0^\infty (1 - e^{-x})^m e^{-(M-m)x} f(x, k)\, dx,$$

avec $x = \Delta_p S_p / M$, où Δ_p densité de la composante pénétrante, $f(x, k)$ étant une fonction représentant le spectre de la composante pénétrante

imposé par le dispositif détectant la composante électronique. Nous avons traité la fonction $f(x, k)$ d'une façon purement formelle en essayant différentes expressions analytiques jusqu'à ce que les valeurs $N_{m,k}$ calculées approchent le mieux possible les valeurs $N_{m,k}$ expérimentales.

Avant de procéder au choix de $f(x, k)$, il faut cependant tenir compte du fait que la distribution spatiale des particules sous l'absorbant n'est pas poissonienne à cause des évènements secondaires produits à l'intérieur. Cela se manifeste par une déviation de la répartition des détecteurs touchés par rapport à une distribution hypergéométrique.

Dans le travail ([3]) cette question est élaborée de plus près; en se basant sur une analyse détaillée des « groupements » des détecteurs touchés on peut rétablir une répartition telle qu'elle l'aurait été s'il n'y avait pas eu de multiplications secondaires dans le plomb. Cette correction est assez importante, elle relève la fréquence des faibles multiplicités m sauf naturellement $m = 0$.

En essayant un grand nombre de propositions on a choisi finalement une fonction $f(x, k)$ écrite en utilisant une variable $z = (x - x_0)/x_0$:

$$f(z) = B\, e^{-\alpha z} z^{\beta},$$

avec $\alpha = 0{,}001$ et $\beta = 3$. La valeur x_0 est liée d'une façon fixe à x_f, densité la plus probable de la composante pénétrante pour une densité électronique donnée : x_f est déduit de l'expérience qui détermine m_f (le maximum de l'histogramme) pour un k donné.

Comme $Z_f = (x_f/x_0) - 1 = \beta/\alpha$, on a

$$\frac{x_0}{x_f} \cong \frac{\alpha}{\beta} = \frac{1}{3\,000}.$$

L'introduction d'un si petit x_0 approprié à chaque Δ_e (par l'intermédiaire de x_0/x_f) n'a aucune signification réelle sauf la possibilité d'écrire la fonction $f(x, k)$ sous une forme générale $f(z)$ s'appliquant à tous les cas de différents Δ_e et m.

A titre d'exemple limité on représente l'ensemble des résultats sous forme des sommes des événements (dans tous les intervalles de $\Delta_e S_p$) pour différents m. La somme totale des intégrales $N_3 + N_4 + N_5 + N_6 + N_7$ est normalisée à la somme des valeurs expérimentales corrigées correspondantes :

m	0.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
N_m expérimental corrigé	2686	5573	7811	9212	10023	9739	8741	7748
χ^2	165	58	12,4	9,5	9,1	10,1	8,1	6,3
$P(>\chi^2)$	–	–	0,09	0,22	0,25	0,19	0,31	0,5

On a aussi représenté les valeurs χ^2 calculées pour sept intervalles du $\Delta_e S_p$ ainsi que les probabilités $P(>\chi^2)$ pour sept degrés de liberté chacune (l'enregistrement pour chaque m est divisé en huit intervalles dont les deux derniers sont rassemblés). Le test χ^2 donne un désaccord

complet pour $m = 0$ et $m = 1$ en prouvant simultanément une concordance remarquable pour tous les m de 3 à 7 (on n'a pas jugé utile de prolonger le calcul au-dessus de $m = 7$). Nous notons aussi que les résultats expérimentaux obtenus pour $\Delta_e S_p > 1070$ donnent 19 « zéros » et 14 « uns », en désaccord complet avec le rapport calculé qui est $N_0/N_1 = 1/4$. C'est dans cette partie finale de $\Delta_e S_p$ que l'effet cherché est le plus évident : il constitue environ 80 % des événements « zéros » enregistrés.

Nous pensons que nos observations ne peuvent s'expliquer que si l'on admet l'existence d'un groupe de gerbes anormalement pauvres en particules pénétrantes.

On évalue le taux de gerbes anormales comme suit : la série statistique complète comporte 98 269 enregistrements dans les huit intervalles de $\Delta_e S_p$, on y trouve 950 enregistrements anormaux $m = 0$ et $m = 1$, ce qui donne un effet observé global d'environ 1 % en gerbes photoniques (gerbes γ) par rapport aux gerbes nucléaires ordinaires (gerbes p) contenant le même nombre total des particules (taille). Les limites d'erreur de cette évaluation ne doivent pas dépasser 1/3 de la valeur trouvée.

Comme nous l'avons remarqué ([1]) les gerbes γ et p de même taille au sol n'ont pas la même énergie : le rapport du nombre des gerbes anormales par rapport aux normales ayant *la même énergie* doit être beaucoup plus faible, par exemple 0,1 %.

La valeur de notre effet est plus grande que dans nos indications précédentes, cela tient à ce que nous savons maintenant que les gerbes anormales ne sont pas tout à fait dénuées de mésons ce qui explique les cas $m = 1$ anormaux ([4]). Pour cette raison la fonction du spectre a été remaniée, on a aussi introduit de nouvelles corrections à nos histogrammes (coïncidences fortuites).

L'existence de deux types de gerbes distincts s'oppose à tout processus de réaction de proton primaire tel que la probabilité de transfert de l'énergie à un seul π_0 ou photon décroisse de manière continue quand l'énergie augmente.

La nette discontinuité observée permet d'envisager soit un processus de réaction nouveau soit une provenance extra-atmosphérique des photons donnant naissance aux gerbes anormales.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

([1]) R. Maze et A. Zawadzki, *Il Nuovo Cimento*, 17, 1960, p. 625.

([2]) R. Firkowski, J. Gawin, R. Maze et A. Zawadzki, *Comptes rendus du Congrès de Kyoto* (*J. Phys. Soc. Japan*, 17, A III, 1962, p. 123.

([3]) J. Hibner, R. Firkowski, J. Gawin et A. Zawadzki, *Acta Phys. Polonica* (sous presse).

([4]) S. Karakula et J. Wdowczyk, *Acta Phys. Polonica* (sous presse).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Densité du silicium, du germanium, de l'antimoine et du bismuth à l'état liquide.* Note (*) de MM. **Louis-Didier Lucas** et **Georges Urbain**, présentée par M. Paul Pascal.

On étudie la variation du volume spécifique en fonction de la température à l'état liquide, à partir d'une température voisine de celle de la fusion.

On détermine le volume spécifique de métaux à l'état liquide en mesurant la pression juste nécessaire pour détacher une bulle d'argon d'un tube de soufflage mis successivement à deux niveaux différents dans le métal liquide. Le mode opératoire a été exposé dans une Note précédente ([1]).

Après avoir étudié la densité de métaux liquides ayant une structure compacte à l'état solide [([2]), ([3])], notre choix se porte sur le silicium et le germanium (groupe IV *b*) et sur l'antimoine et le bismuth (groupe V *b*). Les teneurs maximales en impuretés sont respectivement 0,1, 0,005, 0,4 et 0,02 %. Ces éléments ont la particularité d'augmenter de volume en se solidifiant.

Les figures 1, 2, 3 et 4 rassemblent nos données expérimentales ainsi que celles d'autres auteurs. Nos résultats sont obtenus en traçant la droite de régression des volumes spécifiques en fonction de la température.

Les valeurs numériques des volumes spécifiques, ainsi que l'écart type σ_v de la valeur moyenne $\bar{v}$ et l'écart type de la pente de la droite de régression $\sigma_{dv/dT}$ se résument comme suit, avec

$$\alpha = \frac{1}{v}\frac{dv}{dT},$$

$$v_{Si} = 0,3959 + 57,3.10^{-6}(T_{°K} - 1683), \qquad \alpha_{Si} = 145.10^{-6},$$
$$\text{avec} \quad \sigma_v = 3.10^{-4}, \qquad \sigma_{dv/dT} = 4,6.10^{-6};$$
$$v_{Ge} = 0,1821 + 17,1.10^{-6}(T_{°K} - 1207), \qquad \alpha_{Ge} = 94.10^{-6},$$
$$\text{avec} \quad \sigma_v = 0,6.10^{-4}, \qquad \sigma_{dv/dT} = 0,3.10^{-6};$$
$$v_{Sb} = 0,1547 + 14,8.10^{-6}(T_{°K} - 904), \qquad \alpha_{Sb} = 95,6.10^{-6},$$
$$\text{avec} \quad \sigma_v = 0,25.10^{-4}, \qquad \sigma_{dv/dT} = 0,23.10^{-6};$$
$$v_{Bi} = 0,09933 + 13,1.10^{-6}(T_{°K} - 544), \qquad \alpha_{Bi} = 132.10^{-6},$$
$$\text{avec} \quad \sigma_v = 0,6.10^{-4}, \qquad \sigma_{dv/dT} = 0,3.10^{-6}.$$

Pour le silicium, la silice nous paraît être le matériau le plus intéressant pour la réalisation du creuset. Logan et Bond ([4]) étudient la densité du silicium vers 1 425°C en utilisant une méthode volumétrique. Par observation du volume d'une petite masse connue de silicium contenue dans un capillaire en quartz calibré, ces auteurs proposent la valeur $\rho = 2,49 \pm 0,02$ à 1 425°C. Gel'd et Gertman ([5]) étudient la densité du système Fe-Si à 1 500°C; leurs mesures sont faites par pesée hydrostatique sous hydrogène, le plongeur et le creuset étant en alumine frittée. La densité trouvée par

ces auteurs à 1 500°C est $\rho = 2{,}49$ à 1 %. Notre valeur de densité à 1 500°C ($\rho = 2{,}49_3$) est en bon accord avec ces deux déterminations.

Pour le germanium, nos valeurs sont en bonne concordance avec celles de Mokrovski et Regel ([6]) obtenues par la méthode volumétrique avec un creuset en silice transparente, mais diffèrent des résultats donnés par Klemm et collaborateurs ([7]) qui utilisent un pycnomètre en silice sous atmosphère d'azote. Ces derniers auteurs trouvent que le ménisque est

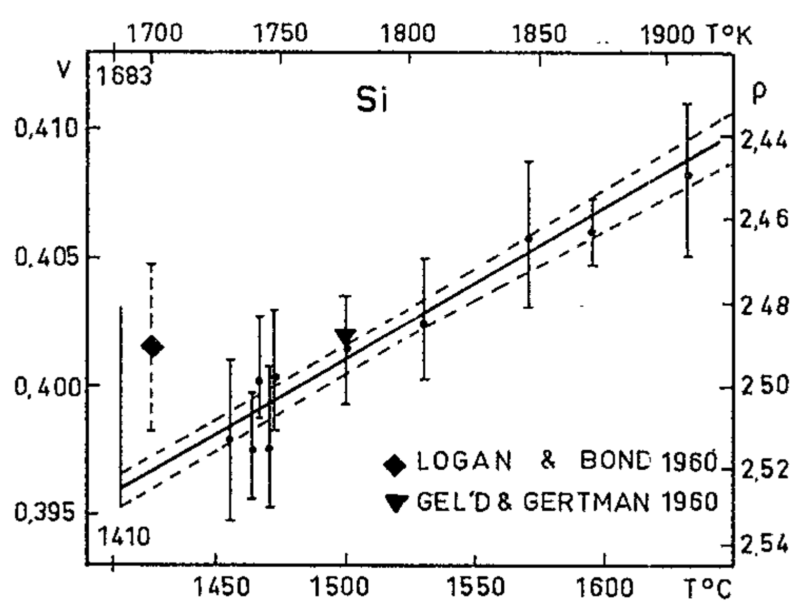


Fig. 1.

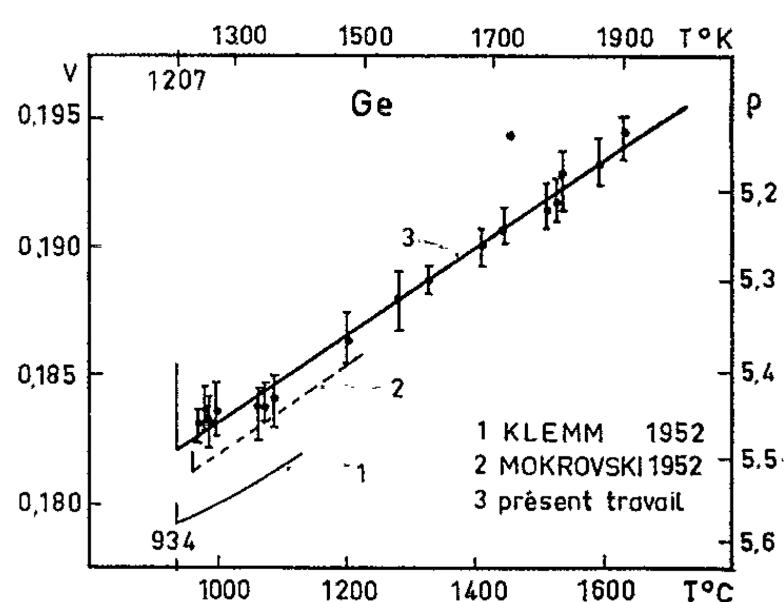


Fig. 2.

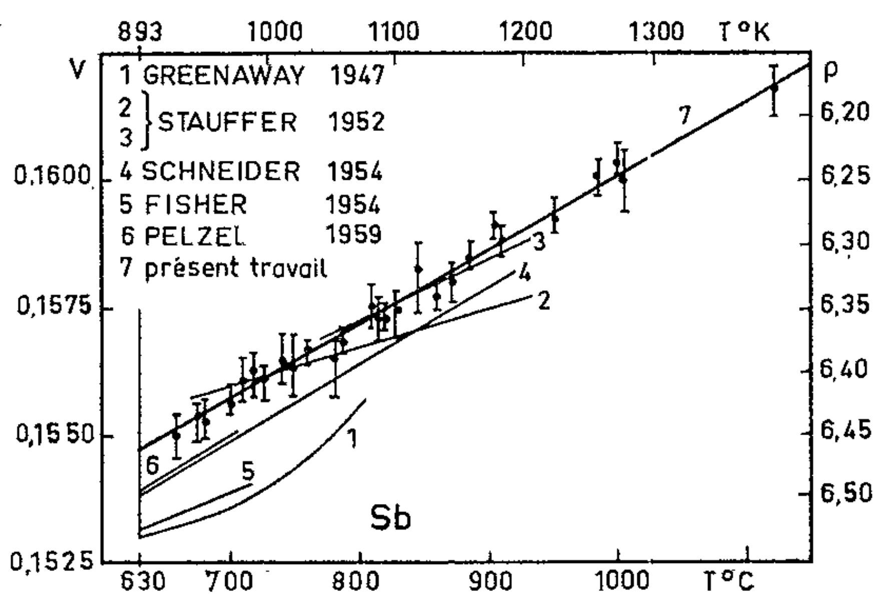


Fig. 3.

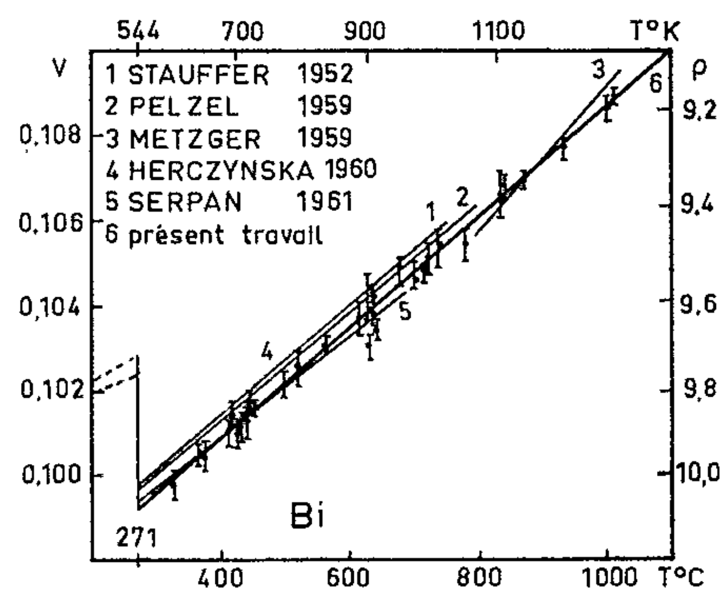


Fig. 4.

convexe, comme celui du mercure, au-dessous de 1 000°C et légèrement concave au-dessus. Nous avons voulu vérifier cette constatation en observant le ménisque, à différentes températures, par rayons X. L'appareil utilisé est celui qui a servi pour des études de tension superficielle et qui est décrit par Kozakevitch et Urbain ([8]). Nous obtenons toujours un ménisque convexe.

La température de fusion du silicium et du germanium n'étant pas fixée dans la littérature avec exactitude, nous avons déterminé celle-ci par analyse thermique différentielle avec des couples thermoélectriques standards (Platine-Rhodié). Nous proposons :

pour le silicium : $T_f = (1\,410 \pm 1)$°C;

pour le germanium : $T_f = (934 \pm 0{,}5)$°C.

Pour l'antimoine, sans parler des valeurs anciennes proposées par Pascal [9], Bornemann et Sauerwald [10] et par Bircumshaw [11], de nouvelles recherches sur la densité liquide ont été entreprises ces dernières années. La pression maximale de bulles est la méthode utilisée par Greenaway [12], Fisher et Phillips [13], Stauffer [14], Schneider et Heymer [15]. Pelzel [16] est le seul à reprendre la méthode d'Archimède directe, avec un plongeur soit en tungstène, soit en molybdène suspendu par une tige de graphite. Nos résultats représentés sur la figure 3 montrent que nos valeurs du volume spécifique sont les plus fortes trouvées jusqu'ici dans la littérature (écart moyen avec les différents auteurs de l'ordre de 0,4 %).

La densité à l'état liquide du bismuth a fait l'objet de nombreuses déterminations et, durant ces dix dernières années, six auteurs ont étudié le bismuth par des méthodes différentes, certains jusqu'à 1 000°C. Nos valeurs sont très cohérentes avec celles de précédents auteurs, en particulier avec Pelzel [16] et Serpan [17] et aussi avec Herczynska [18]. Le coefficient de dilatation thermique trouvé par Gisela Metzger [19] semble un peu fort, mais cette étude n'est faite que dans un domaine restreint de température, entre 800 et 1 000°C. Une dispersion assez grande de nos valeurs est observée vers 600°C, sans que nous puissions expliquer ce fait, le bullage restant satisfaisant.

Ce travail est un élément d'une étude en cours sur le changement de volume à la fusion.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) L. D. Lucas, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 2236.
(2) L. D. Lucas, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1850.
(3) L. D. Lucas, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2526.
(4) R. A. Logan et W. L. Bond, *J. Appl. Phys.*, 30, 1959, p. 322.
(5) P. V. Gel'd et Yu M. Gertman, *Fiz. Metal. i Metallow. Naouk. S.S.S.R.*, 10, 1960, p. 793.
(6) N. P. Mokrovski et A. R. Regel, *J. Phys. Techn.*, 22, 1952, p. 1281.
(7) W. Klemm et Coll., *Monasth. Chem.*, 83, 1952, p. 629.
(8) P. Kozakevitch et G. Urbain, *Mém. Sc. Rev. Metall.*, 58, 1961, p. 401.
(9) P. Pascal, *Revue de Métallurgie*, 1, 1914, p. 169.
(10) K. Bornemann et F. Sauerwald, *Z. Metallk.*, 14, 1922, p. 254.
(11) L. L. Bircumshaw, *Phil. Mag.*, 3, 1927, p. 1286.
(12) H. T. Greenaway, *J. Inst. Met.*, 74, 1947, p. 133.
(13) A. J. Fisher et A. Phillips, *J. Metals*, 6, 1954, p. 1020.
(14) A. Stauffer, *Thèse, Göttingen*, décembre 1952.
(15) A. Schneider, A. Stauffer et G. Heymer, *Naturwiss.*, 41, 1954, p. 326.
(16) E. Pelzel, *Z. Metallk.*, 50, 1959, p. 392.
(17) C. Z. Serpan et L. J. Wittenberg, *Trans. A.I.M.E.*, 221, 1961, p. 1017.
(18) E. Herczynska, *Naturwiss.*, 47, 1960, p. 200.
(19) G. Metzger, *Z. Phys. Chem.*, 211, 1959, p. 1.

(*Département de Chimie physique, Institut de Recherches de la Sidérurgie, 185, rue Franklin-Roosevelt, Saint-Germain-en-Laye, Seine-et-Oise.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur une détermination radioélectrique de la constante diélectrique, de la polarisation atomique et du moment électrique de l'ammoniac.* Note (*) de MM. **Jean-François Régnier** et **Albert Daum**, présentée par M. Georges Champetier.

La constante diélectrique ε, la polarisation atomique P_a, le moment dipolaire μ de NH_3, sont déterminés par une nouvelle méthode radioélectrique utilisant la méthode des battements. On évite l'étalonnage des diverses impédances de l'oscillateur à fréquence variable grâce à un gaz monoatomique, l'argon, dont l'indice de réfraction n, et partant la constante diélectrique $\varepsilon = n_\infty^2$, sont connus à toutes pressions. Les variations de fréquence sont mesurées directement par un compteur de fréquence. La valeur de μ (donnée par effet Stark) permet d'obtenir P_a.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons décrit un appareil destiné à mesurer avec précision la constante diélectrique de gaz sous faible pression, en étalonnant la cellule de mesure par l'emploi d'un gaz rare (argon) pour lequel la constante diélectrique se déduit en toute rigueur des mesures d'indice de réfraction. Les mesures sont devenues beaucoup plus aisées par l'utilisation d'un compteur de fréquences permettant la détermination continue de la variation de la fréquence f de l'oscillateur de mesure par rapport à la fréquence de l'oscillateur à quartz servant de référence. Cette fréquence f est liée à la capacité C de la cellule par une relation du type

$$f^2 = A(C + C')^{-1},$$

où C', qui englobe l'ensemble des capacités parasites du circuit oscillant, n'est pas accessible directement. La variation de la capacité C lors de l'introduction dans la cellule préalablement vide d'un gaz, de constante diélectrique ε, donnée par $C = (\varepsilon - 1) C_0$, entraîne la variation de fréquence Δf telle que

$$\frac{2\Delta f}{f} = -\frac{(\varepsilon - 1) C_0}{C + C'},$$

d'où $\Delta f = B(\varepsilon - 1)$, où B représente une certaine constante dépendant de la construction du circuit. La valeur de Δf dépend de la pression p du gaz introduit, et dans l'hypothèse où il peut être considéré comme parfait, il vient

$$\Delta f = B(\varepsilon - 1)_{T_0}^{p_0} \frac{p}{p_0} \frac{T_0}{T}.$$

L'expérience montre effectivement que la courbe $\Delta f = \varphi(p)$ est assimilable à une droite avec une grande précision (*fig.* 1).

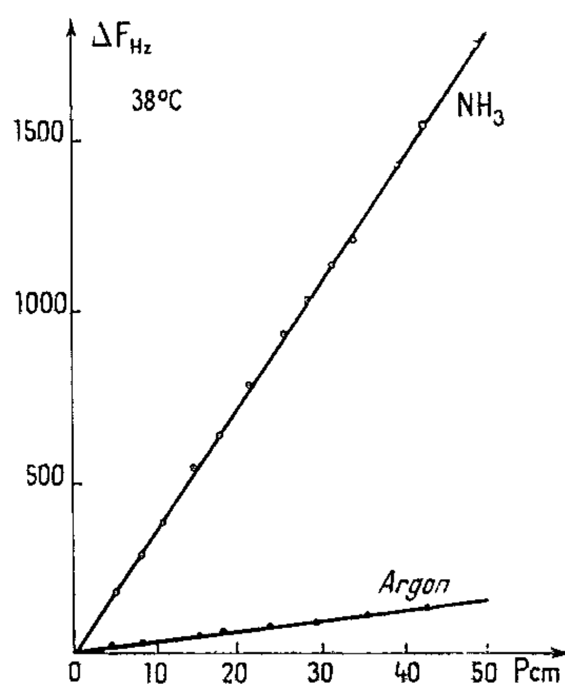
La mesure de ε comporte ainsi deux séries de mesures à la même température, l'une avec l'argon ($\varepsilon_A = n_{\infty A}^2$), l'autre avec le gaz G étudié, et l'on obtient immédiatement

$$(\varepsilon - 1)_0 = (\varepsilon_A - 1)_0 \left(\frac{\Delta p}{\Delta f}\right)_A \left(\frac{\Delta f}{\Delta p}\right)_G,$$

l'indice o correspondant aux conditions normales de température et pression. Les mesures ont été faites à 27,03 et 38°C. La température du gaz est mesurée à 10^{-3} °C près, par un thermomètre à résistance de platine, associé à un pont de Mueller. La température du thermostat reste égale à elle-même à mieux que 10^{-2} °C pendant plusieurs jours.

La pression est mesurée à l'aide d'un manomètre à mercure et d'un cathétomètre permettant de lire le centième de millimètre; l'erreur relative varie entre 2.10^{-4} et $1,5.10^{-5}$.

L'argon utilisé est de l'argon pour spectroscopie. L'ammoniac a été débarrassé de l'eau, du gaz carbonique, de l'oxygène et de l'azote qu'il contenait, par passage sur K OH puis distillations successives et dissolutions de sodium dans l'ammoniac liquide.



Les fréquences sont mesurées directement par un compteur Hewlett-Packard, la fréquence est affichée toutes les secondes et la dérive de l'ensemble dans ces conditions est de l'ordre de 0,1 c/s ($\Delta f/f = 10^{-7}$).

Le tableau ci-dessous résume les résultats obtenus pour les rapports $(\Delta p/\Delta f)$ par la méthode des moindres carrés.

t°C.	$(n_{\infty}^2 - 1).10^6$ argon.	$\left(\frac{\Delta p}{\Delta f}\right)$ argon.	$\left(\frac{\Delta f}{\Delta p}\right)$ NH_3.	$(\varepsilon - 1).10^5$ NH_3.
27,03	503,8	4,175	2,872	604,0
38	486,0	4,330	2,682	564,4

Les erreurs relatives sur $(\Delta p/\Delta f)$ sont de l'ordre du millième. Celle sur $\varepsilon_{NH_3} - 1$ est inférieure à 5.10^{-3}.

Le tableau suivant donne les valeurs de la polarisation de rotation, de P_a et du rapport P_e/P_a en prenant pour volume molaire la valeur : 24465 cm³ à 25°C et 760 mm indiquée par Watson (²). L'indice de réfraction pour NH_3 est donné par Cuthbertson (³), repris par Watson, qui conduit à $P_e = 5,45$.

La valeur de la P_a a été obtenue comme suit : dans l'expression

$$P - \frac{4\pi N}{9KT}\mu_0^2 = P_e + P_a.$$

on remplace μ_0 par une valeur expérimentale bien connue, celle donnée par l'étude de l'effet Stark aux hyperfréquences ([4]), soit $\mu_0 = 1,468.10^{-18}$ u. é. s. = 1,468 D.

t°C.	P.	$\frac{4\pi N}{9KT}\mu_0^2$.	$P_e + P_a$.	P_a.	$\frac{P_a}{P_e}$ (%).
27,03	49,59	43,76	5,84	0,39	6,9
38	48,04	42,21	5,81	0,36	6,7
Watson	–	–	6,2	0,75	13,7.

On peut aussi, comme l'a indiqué Debye, obtenir le moment électrique de l'ammoniac à partir de deux mesures de P à deux températures différentes, car

$$P_1 = P_e + P_a + \frac{4\pi N}{9KT_1}\mu_0^2,$$

$$P_2 = P_e + P_a + \frac{4\pi N}{9KT_2}\mu_0^2,$$

$$P_1 - P_2 = \frac{4\pi N}{9K}\frac{T_2 - T_1}{T_1 T_2}\mu_0^2.$$

La valeur obtenue $\mu_0 = 1,48$ est en assez bon accord avec les résultats donnés par d'autres auteurs.

D. R.	Watson ([2]).	De Bruyne-Smyth ([5]).	Van Itterbeek.	Cole ([4]). Effet Stark.
1,48 D	1,48 D	1,46 D	1,437	1,468

(*) Séance du 22 octobre 1962.

([1]) J. F. Régnier, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2474.
([2]) Watson, *Proc. Roy. Soc.*, 117, 1936, p. 43.
([3]) Cuthbertson, *Phil. Trans. Roy. Soc.*, 213, 1914, p. 1.
([4]) Coles-Bragg, *Phys. Rev.*, 32, 1951, p. 877.
([5]) De Bruyne-Smyth, *J. Amer. Chem. Soc.*, 57, 1939, p. 1203.
([6]) Van Itterbeek et K. de Clippeleir, *Physica*, 14, 1948, p. 349.

(*Laboratoire de Chimie théorique, Faculté des Sciences, 1, rue Grandvill, Nancy, Meurthe-et-Moselle.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Répulsion d'ions en solution aqueuse diluée par des oxydes et hydroxydes métalliques.* Note de M. **Detchko Pavlov** et Mme **Jacqueline Belloni**, présentée par M. Georges Champetier.

Les propriétés d'adsorption des oxydes présentent un grand intérêt non seulement pour la cinétique des réactions gazeuses mais aussi pour l'électrochimie et la corrosion des métaux. Nous nous sommes proposé d'examiner le comportement des oxydes ThO_2, Ag_2O, HgO et GeO_2 quant à l'adsorption des cations et des anions en solution de Cs_2SO_4, $Sm_2(SO_4)_3$ et $Sm(NO_3)_3$ à la même acidité, pH 3.

L'équilibre de partage des ions entre la solution et la surface de l'oxyde a été déterminé par mesures radioactives. Pour étudier cet équilibre en fonction de la concentration d'un des ions, nous avons utilisé soit des solutions d'un isotope radioactif de l'élément considéré sans entraîneur pour les plus faibles concentrations, soit des solutions de sel inactif marqué par un isotope radioactif : ^{35}S pour l'ion SO_4^{2-}, ^{137}Cs pour l'ion Cs^+, ^{147}Pm pour l'ion Sm^{3+}. Les éléments Pm et Sm étant voisins dans la série des lanthanides, leurs adsorbabilités peuvent en effet être considérées comme pratiquement égales [1]. Afin de comparer l'adsorption du cation et de l'anion d'un même sel, nous avons marqué deux séries identiques de solutions par l'un des deux isotopes correspondants.

La quantité d'ions adsorbés par l'oxyde est déduite de la différence entre les activités spécifiques de la solution, mesurées par le procédé de la goutte, avant et après l'introduction dans la solution d'un poids connu d'oxyde pulvérulent; après l'adsorption, la goutte était prélevée dans la solution surnageant la poudre. Parmi les oxydes, seul l'oxyde de thorium, sous forme hydratée, était préparé au laboratoire : l'hydroxyde était précipité d'une solution de $Th(NO_3)_4$ par l'ammoniac, puis était filtré, rincé, chauffé à 135°C pendant 60 h et pulvérisé.

Nous avons trouvé que l'équilibre d'adsorption s'établit en général rapidement, en moins de 1 à 2 mn d'agitation de la poudre dans la solution. L'étude de l'hydroxyde de thorium montre que lorsqu'on sépare les phases, la thorine qui a été laissée en contact avec une solution de $^{35}SO_4^{2-}$ présente une activité spécifique plus grande que son activité spécifique naturelle. Simultanément, la concentration en ions sulfate dans la solution diminue, dans une proportion qui est d'environ 25 % de la concentration initiale. Les anions SO_4^{2-} sont donc adsorbés par la thorine. Pour 300 mg d'oxyde et 10 ml de solution de concentration initialement égale à $1{,}7.10^{-3}$ équiv-g/l, la quantité adsorbée x est de $6{,}3.10^{-6}$ équiv-g.

Par contre, lorsque la thorine a été laissée en contact avec une solution de ^{147}Pm ou ^{137}Cs dans le même milieu que précédemment, son activité spécifique est la même que son activité spécifique naturelle. Cependant la

mesure de l'activité spécifique de la solution surnageant la thorine conduit à un résultat étonnant : la concentration des cations Cs^+ ou Sm^{3+} devient plus grande que celle de la solution initiale. Pour 300 mg de thorine et 10 ml de solution H_2SO_4 10^{-3} N, l'augmentation de la concentration de Sm^{3+} est de l'ordre de 4 à 8 % suivant la concentration initiale c_0. Le phénomène est analogue pour les ions Sm^{3+} en milieu HNO_3 10^{-3} N mais semble légèrement plus élevé (5 à 10 %). En milieu sulfurique, l'augmentation de la concentration de Cs^+ varie entre 4 et 14 %. Toutefois lorsque la concentration initiale de ces cations en milieu sulfurique est supérieure à

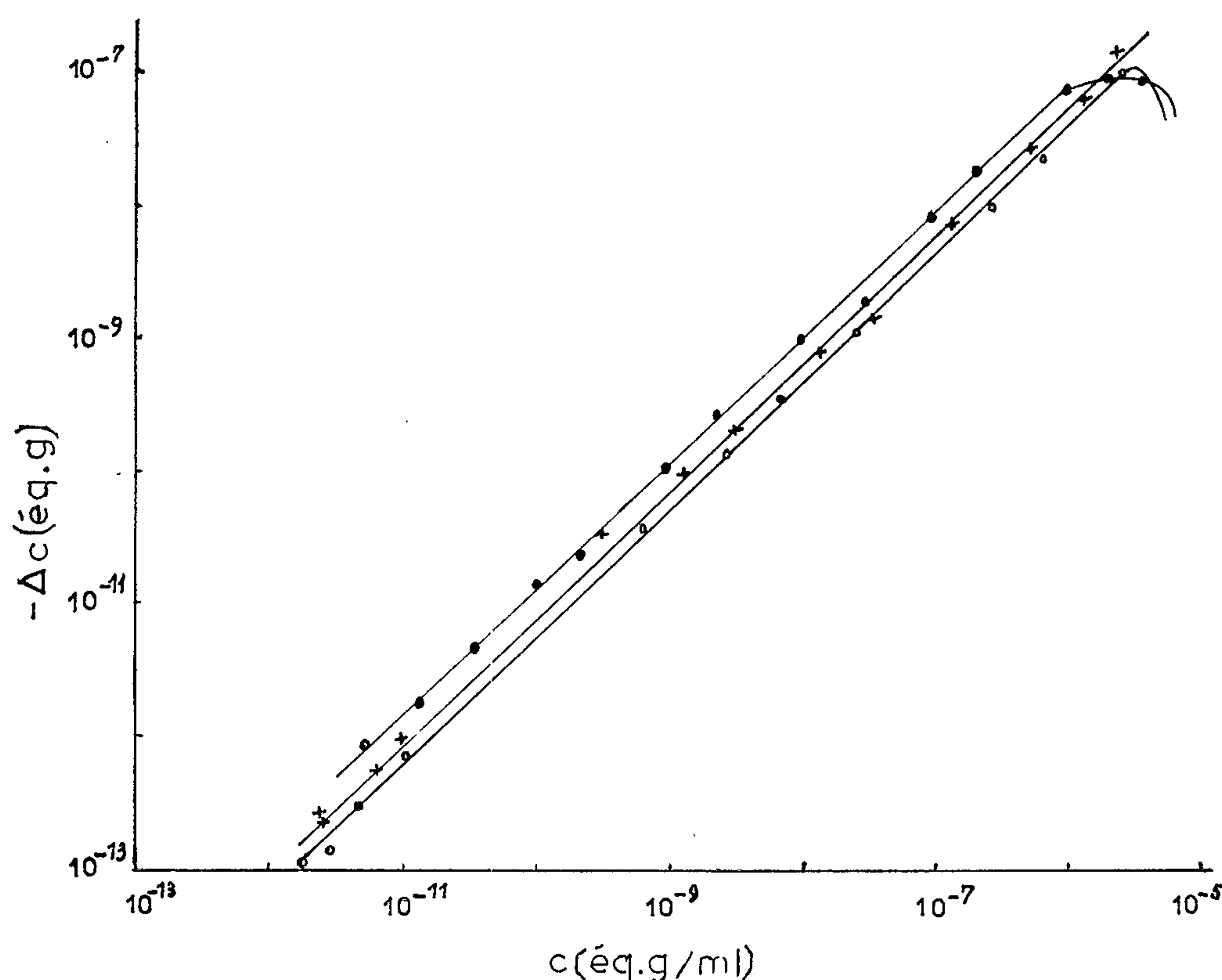


Fig. 1. — Répulsion des cations en fonction de leur concentration, pour 300 mg de thorine et 10 ml de solution.

+ Sm^{3+} (HNO_3 10^{-3}N); ○ Sm^{3+} (H_2SO_4 10^{-3}N); ● Cs^+ (H_2SO_4 10^{-3}N).

environ 5.10^{-3} équiv-g/l, on observe une diminution de la concentration de la solution à l'équilibre par rapport à c_0, donc une adsorption du cation. La figure 1 représente la variation de l'augmentation $\Delta c = c_0 - c$ en fonction de la concentration à l'équilibre c pour chacun de ces cas. La valeur de Δc est négative. Tracées en coordonnées logarithmiques, ces courbes sont des droites parallèles de pente légèrement inférieure à 1.

Nous avons observé sur d'autres oxydes également le phénomène d'augmentation de la concentration d'un ion après le contact des deux phases, notamment : pour les ions Sm^{3+} ou Cs^+ dans une solution HNO_3 10^{-3} N,

aux concentrations inférieures à 3.10^{-3} équiv-g/l, en présence de HgO; pour les ions SO_4^{2-} dans une solution $Sm_2(SO_4)_3$, H_2SO_4 10^{-3} N, aux concentrations inférieures à $1,6.10^{-3}$ équiv-g/l, en présence de Ag_2O; aux faibles concentrations des ions Sm^{3+} ou Cs^+ en solution nitrique, en présence de GeO_2. Ce phénomène d'augmentation de la concentration d'un ion lors du contact d'une solution avec un oxyde dans certaines conditions concerne donc tantôt un anion tantôt un cation. Il est mesurable surtout à concentration assez basse, et au-dessus d'un certain rapport entre la surface totale de la poudre et le volume de la solution.

L'effet de l'augmentation de la concentration d'un ion peut être considéré comme la conséquence d'une interaction entre la surface de l'oxyde et la solution. Il est bien connu que sous l'influence des forces de la surface, il se forme auprès de l'interface une mince couche dans lequelle la concentration de certains ions est plus élevée qu'au sein de la solution, tandis que la concentration d'autres ions est plus faible. Dans le dernier cas, ceci entraîne une augmentation de la concentration de ces ions dans le reste de la solution par rapport à la solution initiale. Indépendamment de la nature des forces qui le causent, nous parlerons de répulsion pour désigner ce phénomène d'augmentation de la concentration d'un ion après le contact des phases; en effet, on entend habituellement par adsorption le phénomène qui consiste en l'augmentation de la concentration d'un ion à une interface et sa diminution dans la solution.

Nous avons étudié ce phénomène de répulsion en fonction de différents facteurs et observé que son importance dépend de la nature de l'oxyde et de son histoire, notamment de la nature du gaz qu'il a adsorbé; elle dépend aussi de la concentration et de la nature des ions, de la force ionique de la solution et des propriétés diélectriques du milieu, des quantités relatives d'oxyde et de solution, et enfin de la température.

(1) J. Belloni, M. Haïssinsky et H. N. Salama, *J. Phys. Chem.*, 63, 1959, p. 881.

(*Institut du Radium, Laboratoire Curie,* 11, *rue Pierre-Curie, Paris,* 5e.)

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Comportement d'un ion dans deux solvants pris séparément et dans leur mélange.* Note (*) de MM. **Jean-Claude Lauer** et **Jean Brenet**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'expression de la tension absolue à l'interface électrode-électrolyte permet d'accéder à la différence des tensions standards d'un système rédox général dans deux solvants purs et de prévoir la solvatation préférentielle d'un ion dans le mélange de ces solvants.

Dans l'équilibre entre un métal et ses ions, on peut dans un solvant donné, définir selon Vetter (1) une tension d'électrode absolue qui correspond à l'équilibre rédox :



$$M \rightleftharpoons M^{n+} + ne.$$

En considérant le même équilibre dans deux solvants quelconques, la différence entre les tensions normales standards rapportées dans les deux cas à l'électrode normale à hydrogène aqueuse, est en première approximation égale à la différence des enthalpies libres de solvatation de l'ion M^{n+} dans chacun des solvants. La relation rigoureuse s'écrit

$$nF\,\Delta U_{oh(aq)} = nF[U_{oh(aq)(2)} - U_{oh(aq)(1)}],$$
$$nF\,\Delta U_{oh(aq)} = [-\Delta G_{M^{n+}(1)}] - [-\Delta G_{M^{n+}(2)}] + nF[\chi_{El(2)} - \chi_{El(1)}].$$

Ceci implique que le travail d'extraction des électrons du métal dans le vide et le potentiel superficiel à l'interface métal-vide soient les mêmes quel que soit le solvant mais qu'il n'en soit pas de même pour le potentiel superficiel gaz inerte-électrolyte. Par ailleurs, puisque seules les énergies de nature chimique sont à prendre en considération (2), il faut retrancher à l'enthalpie libre de solvatation, l'énergie électrostatique : $nF\chi_{El}$. Les potentiels superficiels étant indépendants de la concentration (2), nous aurons alors :

$$nF\,\Delta U_{oh(aq)} = [-\Delta G_{M^{n+}(1)}] - [-\Delta G_{M^{n+}(2)}] + nF[\chi_{S(2)} - \chi_{S(1)}],$$

$\chi_{S(2)}$ et $\chi_{S(1)}$ étant les potentiels superficiels respectifs à l'interface gaz inerte-solvant (2) et gaz inerte-solvant (1). Nous avons ainsi traité le problème d'une électrode de première espèce M/M^{n+}. Ceci a été appliqué au cas du mercure, seul métal liquide à la température de 25°C et à l'hydrogène considéré comme métal gazeux. Nous avons pu également traiter le cas de l'électrode de première espèce $(n/2)$ (X_2/X_n^-) et l'appliquer au brome. De même nous avons pu envisager les cas des électrodes de seconde et troisième espèces. Si nous négligeons l'influence des potentiels superficiels, nous montrons quel que soit le genre d'électrodes, que la *tension rédox normale standard d'une électrode de première, seconde ou troisième espèce dans le solvant* (2) *diminuée de celle dans le solvant* (1) *rapportée dans les deux cas à l'électrode à hydrogène aqueuse, est en première approximation*

égale à la différence des valeurs absolues des enthalpies libres de solvatation de l'ion qui détermine le potentiel dans les deux solvants.

Nous pouvons donc écrire

$$nF\,\Delta U_{oh(aq)} = \pm [G_{ion_{(1)}} - G_{ion_{(2)}}].$$

Le signe plus correspond au cas où c'est un cation qui impose la tension et le signe moins au cas où c'est un anion qui détermine la tension. L'expression exacte s'écrit d'ailleurs :

$$nF\,\Delta U_{oh(aq)} = \pm [(-\Delta G_{ion_{(1)}}) - (-\Delta G_{ion_{(2)}})] \pm nF[\chi_{S(2)} - \chi_{S(1)}],$$

$U_{oh(aq)}$ (1) est connu si le solvant (1) est l'eau, $U_{oh(aq)}$ (2) est déterminé expérimentalement par la méthode de la fonction rédox [(3), (4)]. Nous prenons pour $\chi_{S(1)}$ la valeur donnée par Strehlow (2) et connaissant la différence $\chi_{S(2)} - \chi_{S(1)}$, nous pouvons atteindre de proche en proche les potentiels superficiels pour tous les solvants. Pour un équilibre rédox, on aboutit à l'expression

$$nF\,\Delta U_{oh(aq)} = G_{Ox_{(1)}} - G_{Ox_{(2)}} - [G_{Red_{(1)}} - G_{Red_{(2)}}],$$

G étant la valeur absolue de l'enthalpie libre de solvatation. Ici les potentiels superficiels gaz inerte-solvant s'éliminent deux par deux. Nous traitons également le cas des réactions électrochimiques les plus générales, ceci sous le double aspect de la tension absolue à l'interface métal-électrolyte et de la différence de tension rédox standard.

Si nous considérons maintenant un ion dans le mélange de deux solvants inertes l'un par rapport à l'autre, nous raisonnerons sur l'ion solvaté comme sur une entité propre se composant du cation ou de l'anion central entouré de la couche primaire de solvatation. La connaissance de la tension d'oxydoréduction normal standard toujours rapportée à l'électrode à hydrogène aqueuse quel que soit le solvant, et celle du nombre de solvatation primaire, permet le calcul du potentiel chimique de l'ion envisagé dans la réaction

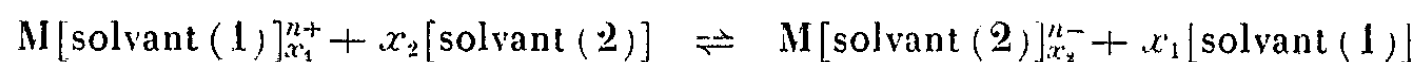


$$M + x(\text{solvant}) \rightleftharpoons M(\text{solvant})_x^{n+} + ne.$$

On obtient

$$\mu_{0_{M(\text{solvant})_x^{n+}}} = nF U_{oh_{M/M^{n+}}} + x\mu_{0_{(\text{solvant})}}.$$

Des expressions semblables sont données pour une électrode de seconde et de troisième espèces. Les potentiels chimiques des divers solvants sont calculés par addition des divers incrément [(5), (6)]. En écrivant l'équilibre



$$M[\text{solvant}(1)]_{x_1}^{n+} + x_2[\text{solvant}(2)] \rightleftharpoons M[\text{solvant}(2)]_{x_2}^{n+} + x_1[\text{solvant}(1)]$$

et en cherchant son affinité standard A^0, nous pouvons conclure que si A^0 est positif, il y a solvatation préférentielle par le solvant (2); si A^0 est négatif, il y a solvatation préférentielle par le solvant (1) et si A^0 est nul, il y a l'équilibre conformément à la réaction précédente. Nous avons pu ainsi vérifier les résultats expérimentaux enregistrés par H. Strehlow [(7), (8)].

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) K. J. VETTER, *Elektrochemische Kinetik*, 1960, p. 91.
(2) H. STREHLOW, Z. *Elektrochem.*, 56, 1952, p. 119.
(3) H. STREHLOW, H. KOEPP et H. WENDT, *Z. Elektrochem.*, 64, 1960, p. 483.
(4) W. WARD, *Univ. Microfilms L. C. Card*, n° Mic. 58-1631.
(5) W. LATIMER, *Oxidation Potentials*, 1952, p. 128.
(6) J. JANZ, *Estimation of thermodynamic Properties of Organic compounds*, 1958.
(7) H. STREHLOW et H. KOEPP, *Z. Elektrochem.*, 62, 1958, p. 373.
(8) H. STREHLOW et H. SCHNEIDER, *Z. Elektrochem.*, 99, 1962, p. 309.

(*Laboratoire d'Électrochimie, Faculté des Sciences, Strasbourg.*)

CINÉTIQUE CHIMIQUE. — *Études sur les solvolyses des halogénures aliphatiques : le bromure de butyle dans les mélanges eau-acide formique.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Delpuech**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans l'acide formique anhydre, la solvolyse présente nettement le caractère d'une réaction par carbocation : l'addition préalable d'ions Br^- la ralentit. Une faible quantité d'eau ajoute une composante bimoléculaire. Dans un milieu fortement aqueux, la réaction prend le caractère bimoléculaire et sa vitesse augmente jusqu'à 200 fois.

La vitesse de solvolyse de quelques bromures primaires a été étudiée par l'école d'Ingold dans différents solvants. Désirant utiliser les paramètres cinétiques pour comparer les réactivités d'une série de composés en fonction de la structure, j'ai constaté que les données de base étaient insuffisamment connues, et j'ai été amené à entreprendre l'examen approfondi d'un exemple type, le bromure de *n*-butyle. Le solvant a été l'acide formique plus ou moins aqueux, qui est un milieu très fortement ionisant. La technique d'étude a été le dosage potentiométrique du brome ionisé.

Le produit de la réaction est un mélange d'alcool et d'ester formique. Sa composition ne permet aucune conclusion relative à la solvolyse, puisque l'estérification est beaucoup plus rapide que l'attaque du bromure [1].

L'acide formique le plus anhydre obtenu contenait 0,007 mole d'eau par litre. Cette teneur augmente toujours au cours d'une expérience, à la suite d'une décomposition spontanée. Elle s'exprime par environ 0,2 mole d'eau par litre en 24 h à 72°. Cela oblige à limiter l'étude aux vitesses initiales.

Les vitesses observées à 72°,4 sont proportionnelles à la concentration en bromure entre 0,01 et 0,1 mole/l. Au-delà, des perturbations incomplètement expliquées provoquent une diminution de vitesse. L'addition d'eau accélère la réaction. Cet effet est faible et linéaire jusqu'à 5 moles d'eau par litre. On peut représenter les résultats par la relation

$$10^7 k = 1,42 + 0,35[H_2O] \quad \text{(temps en secondes)}.$$

L'effet de force ionique est positif. ClO_4K $n/10$ accélère dans le rapport 1,05. Le bromure de potassium décinormal, par contre, ramène la vitesse à 0,94 fois sa valeur. Cette action homoionique est atténuée et même supprimée par la présence d'eau. L'addition de formiate de calcium provoque une accélération, faible mais supérieure à l'effet de force ionique. Sa valeur, variable avec la teneur en eau, est à peu près linéaire.

Conformément aux critères d'Ingold ([2]), on doit ainsi conclure à un mécanisme par carbocation (réagissant ensuite avec 1 mol d'eau), légèrement modifié par la présence d'eau dans le sens du type bimoléculaire.

Dans un milieu fortement aqueux, on observe un important accroissement de la vitesse au-delà de 10 moles/l (*fig.* 1). Dans l'eau pure, k tend vers $2,72.10^{-5}$.

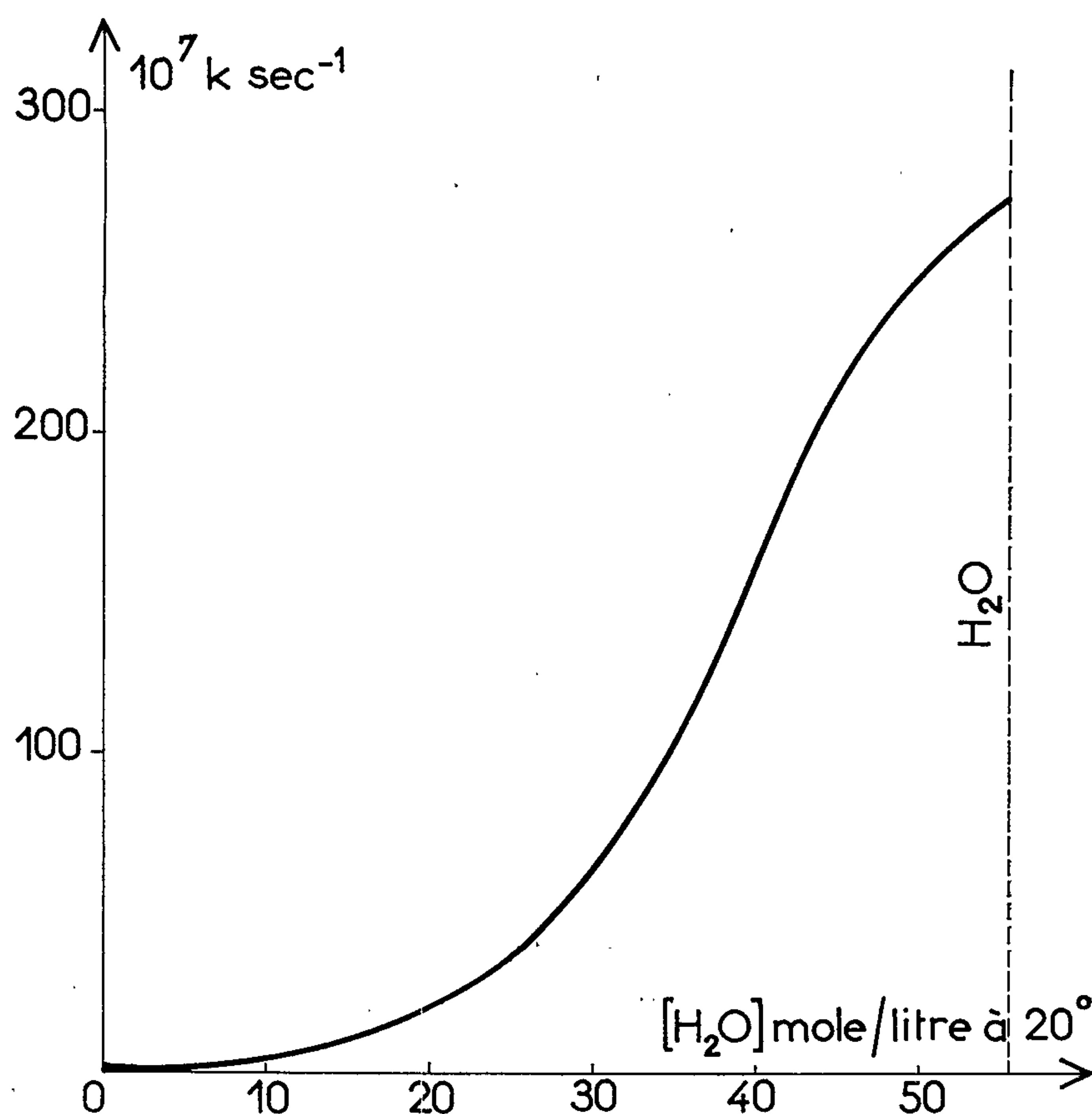


Fig. 1.

D'après différents auteurs ([3]), l'étude de la variation de vitesse avec les proportions du mélange de solvants, permet d'évaluer le nombre de molécules se groupant autour de l'halogène au moment de l'ionisation. Si l'on trace la courbe $\log k = f(\log [\text{HCOOH}])$, on obtient pratiquement une droite pour les solvants contenant moins de 20 moles d'eau par litre (*fig.* 2). La pente de cette droite est très proche de 6, ce qui indique le nombre de molécules d'acide formique intervenant directement. Ce nombre est associé, d'après ([3]), à un mécanisme par carbocation.

Dans les solvants riches en eau, la courbe $\log k = f(\log [H_2O])$ est également droite (*fig.* 2, courbe I) dans un domaine étendu, mais sa pente est

voisine de 2, valeur caractérisant un mécanisme proche du type bimoléculaire. On se trouve donc en présence d'un changement progressif de l'allure réactionnelle, dans le sens des mésomécanismes de Prévost (4).

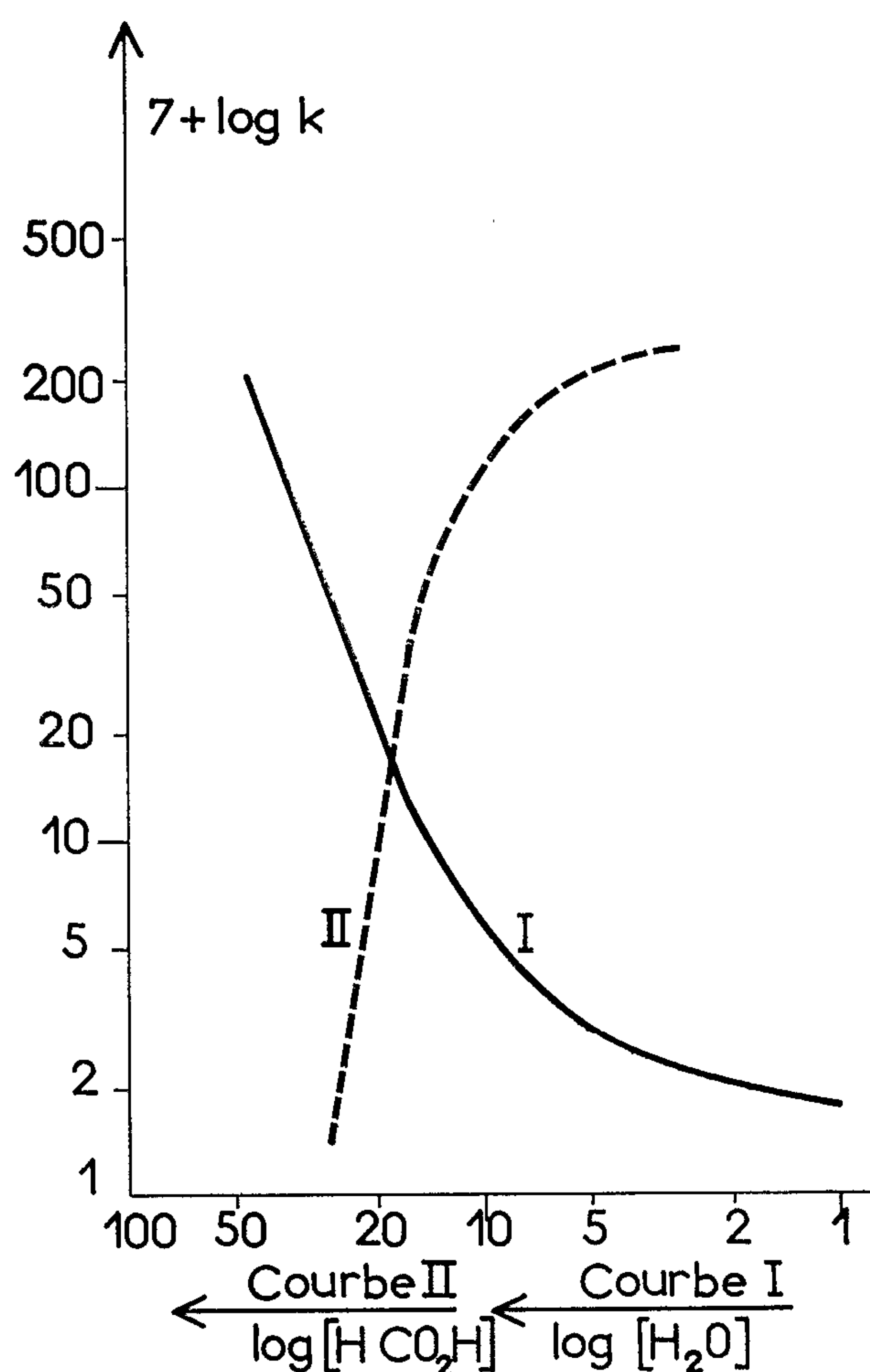


Fig. 2.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) CL. BEGUIN, Expériences inédites.

(2) C. K. INGOLD, *Structure and Mechanism in Organic Chemistry*, Cornell University Press, 1953, p. 360-371.

(3) E. TOMMILA, M. TIILIKAINEN et VOIPIO, *Ann. Acad. Sc. Fennicæ*, A, 11, n° 65, 1955, p. 3-26; *Abstr.*, 50, 1956, p. 4601 *h*.

(4) C. PRÉVOST, *Bull. Soc. Chim.*, 1957, p. 1489-1494.

(*Laboratoire de Chimie de l'École Normale Supérieure,*
24, *rue Lhomond, Paris,* 5e.)

ÉLECTROCHIMIE. — *Étude du régime transitoire dans un circuit comprenant deux électrodes au calomel quand on supprime la force électromotrice extérieure à laquelle elles étaient soumises.* Note (*) de M. **Pierre Mergault** et Mme **Josette Pagès-Nelson**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On détermine la constante de temps τ du circuit formé par deux électrodes au calomel reliées à un microvoltmètre électronique et plongées dans une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration et donc de conductivité χ variables, et l'on trace la courbe donnant τ en fonction de χ. On donne ensuite une interprétation de la constante τ trouvée, en faisant intervenir une f. é. m. proportionnelle au courant circulant dans le circuit des électrodes pendant le régime transitoire.

1. Le montage est représenté schématiquement sur la figure 1. Un courant continu I circule entre les électrodes E et E′ dans une solution d'acide chlorhydrique de concentration variable de 0,01 à 0,1 N (solutions préparées à partir d'eau bidistillée et d'acide chlorhydrique p. p. a.), contenue dans une cuve en silice pure fondue. Deux électrodes au calomel AB et CD, « type GM 4242 des Établissements Philips » au bout desquelles on a fixé un tube terminé par un capillaire (toujours en silice pure fondue) remplis d'une solution saturée de chlorure de potassium dans un gel d'agar-agar, plongent dans la solution d'acide chlorhydrique. Cuve et électrodes sont enfermées dans un thermostat, et les expériences sont faites à la température constante de 25°C, dans l'air ou dans l'argon.

2. Quand un courant I circule entre les électrodes E et E′, il existe une différence de potentiel entre les points A et D, et l'on mesure la différence de potentiel qui en résulte entre les points B et C, au moyen d'un microvoltmètre à lampes, modèle « 425 A des établissements Hewlett-Packard » : on enregistre sur papier la valeur de cette différence de potentiel en fonction du temps, à partir de l'instant $t = 0$ où le courant I est coupé. On obtient ainsi une courbe dont l'allure est représentée sur la figure 2 : on voit que, partant d'un potentiel V, on arrive à un potentiel V_0 stable. En portant sur un autre graphique Log $(V - V_0)$ en fonction de t, on obtient la courbe de la figure 3 qui est sensiblement une droite. On peut donc écrire

$$V - V_0 = a\,e^{-\frac{t}{\tau}},$$

où a est une constante et τ la constante de temps du circuit ABCD. La droite de la figure 3 permet la détermination de la valeur expérimentale de τ.

3. Si l'on fait varier la concentration de la solution contenue dans la cuve, on peut tracer la courbe donnant τ en fonction de la conductivité χ de cette solution. On obtient alors la courbe de la figure 4, dont l'équation est, dans le cas particulier de nos expériences : $\tau \# 476/\chi$, où τ s'exprime en secondes et χ en mho/m.

4. Pour rendre compte de la constante de temps τ ainsi déterminée, nous avons fait les hypothèses suivantes.

Le schéma équivalent du circuit ABCD est celui représenté figure 5. R_1C_1 est le schéma équivalent de l'électrolyte entre les extrémités A et B des électrodes au calomel dans la cuve d'électrolyse. R_2C_2 est le schéma équivalent de l'électrolyte contenu dans les tubes des électrodes

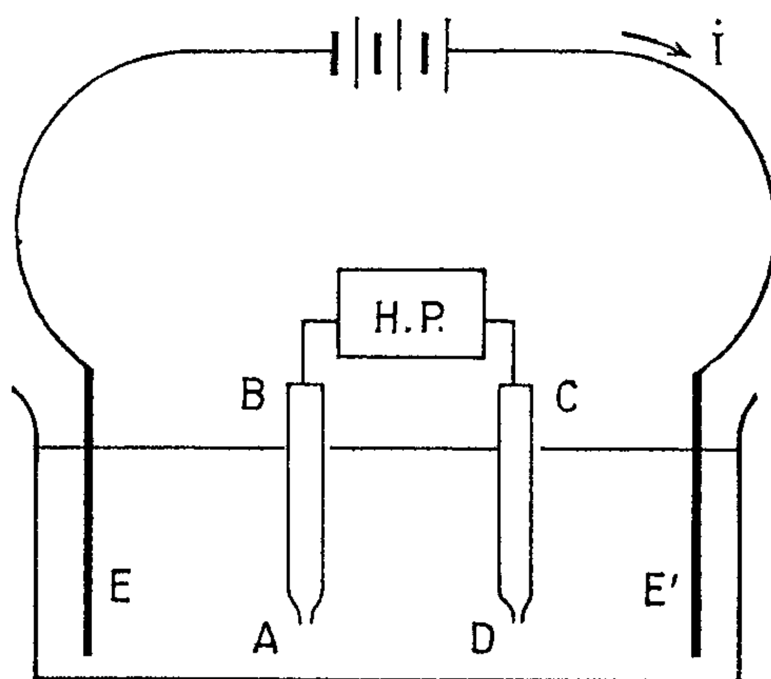


Fig. 1.

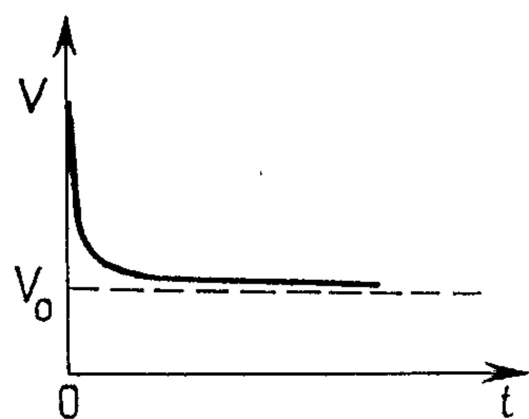


Fig. 2.

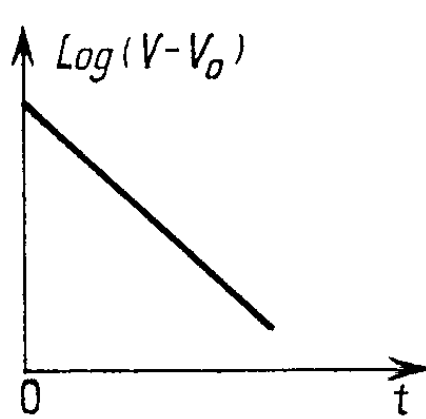


Fig. 3.

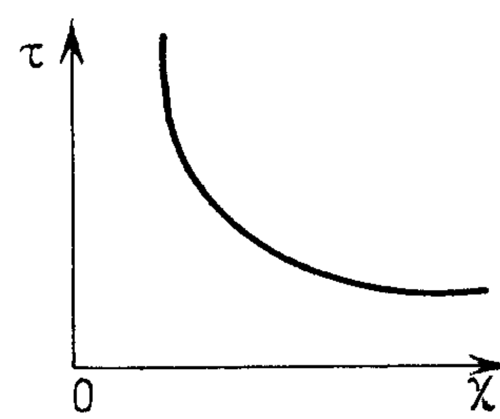


Fig. 4.

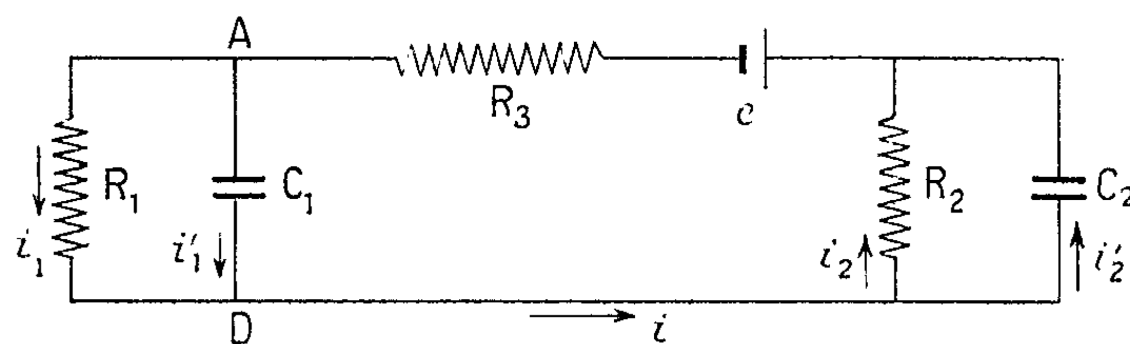


Fig. 5.

au calomel entre la surface du mercure et les extrémités A et D de ces électrodes. R_3 est la résistance de l'appareil de mesure, soit ici 1 MΩ. Enfin e est une force électromotrice (de polarisation, de contact, ou de toute autre nature), que nous nous donnons sous la forme $e = Ri$, où R est constant. Nous admettrons de plus que $\varepsilon_1/\gamma_1 = \varepsilon_2/\gamma_2$. Dans ces conditions, l'équation différentielle donnant i est alors

$$R_1(R_3 + R)\frac{di}{dt} + \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R}{C_1}\,i = 0,$$

ce qui donne

$$\tau = \frac{C_1 R_1 (R + R_3)}{R_1 + R_2 + R_3 + R}.$$

R_3 est connue, R_1 et R_2 se mesurent facilement, C_1 se détermine au moyen de la relation $C_1 = \varepsilon_1/\chi R_1$, et, connaissant τ, on peut déterminer e en fonction de χ; on obtient ainsi le tableau suivant :

χ(mho/m)	3,924	1,604	0,814	0,614	0,412
$-10^6.e$(V)	140	160	460	575	1750

En déterminant la constante de temps τ du circuit où se trouvent les deux électrodes au calomel, nous précisons donc la notion de « temps de stabilisation » de ces électrodes [(1), (2), (3)], puisque la connaissance de τ permet de calculer ce temps de stabilisation avec une précision donnée.

(*) Séance du 15 octobre 1962.

(1) M. RANDALL et L. E. YOUNG, *J. Amer. Chem. Soc.*, 50, 1928, p. 993.

(2) G. J. HILLS et D. J. G. IVES, *J. Chem. Soc.* (Grande-Bretagne), n° 2, février 1951, p. 315.

(3) Mme L. LALOI, *Bull. Soc. Chim.*, 8-9, 1961, p. 1668.

(*Laboratoire de Physique-Enseignement Sorbonne, 1, rue Victor-Cousin, Paris, 5e.*)

THERMODYNAMIQUE MÉTALLURGIQUE. — *Étude thermodynamique du système mercure-étain.* Note (*) de MM. **Étienne Bonnier**, **Pierre Desré** et Mme **Georgette Petot-Ervas**, présentée par M. Georges Chaudron.

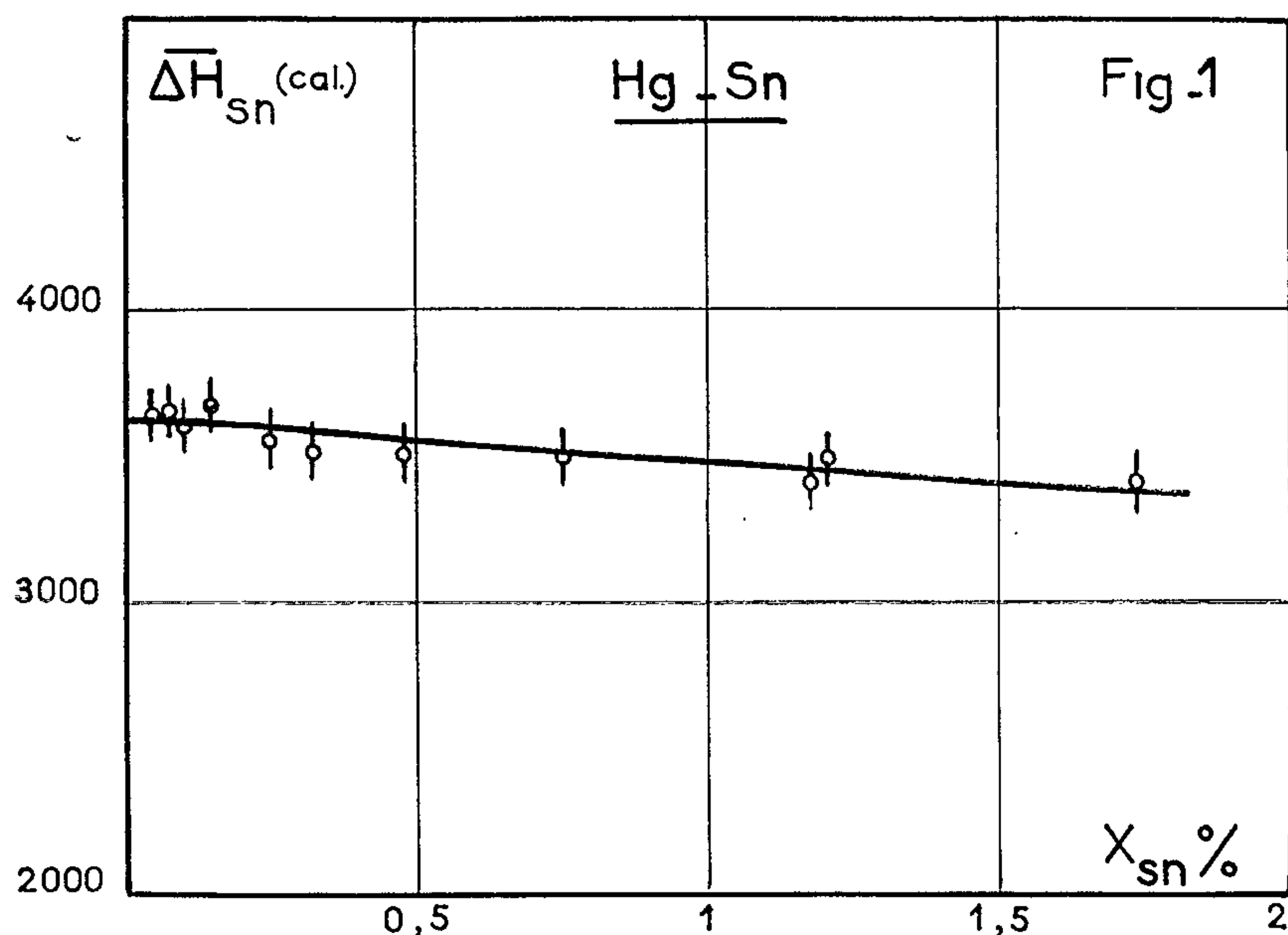
L'activité de l'étain dans les amalgames binaires a été déterminée aux températures comprises entre 16.5 et 72°C par mesure des f. é. m. des piles $Sn_s/Sn^{2+}/((Sn))_{Hg}$ (1). Les auteurs en déduisent l'enthalpie partielle molaire de l'étain et redéterminent le liquidus en précisant l'allure du solidus dans le domaine de température considéré.

On a constitué une pile réversible répondant aux exigences de la détermination rigoureuse de l'activité selon

$$\overline{G}_{((Sn))_{Hg}} - G^{0}_{\langle Sn\rangle} = \Delta \overline{G}_{((Sn))_{Hg}} = RT \ln a_{((Sn))_{Hg}} = -2FE. \quad (1)$$

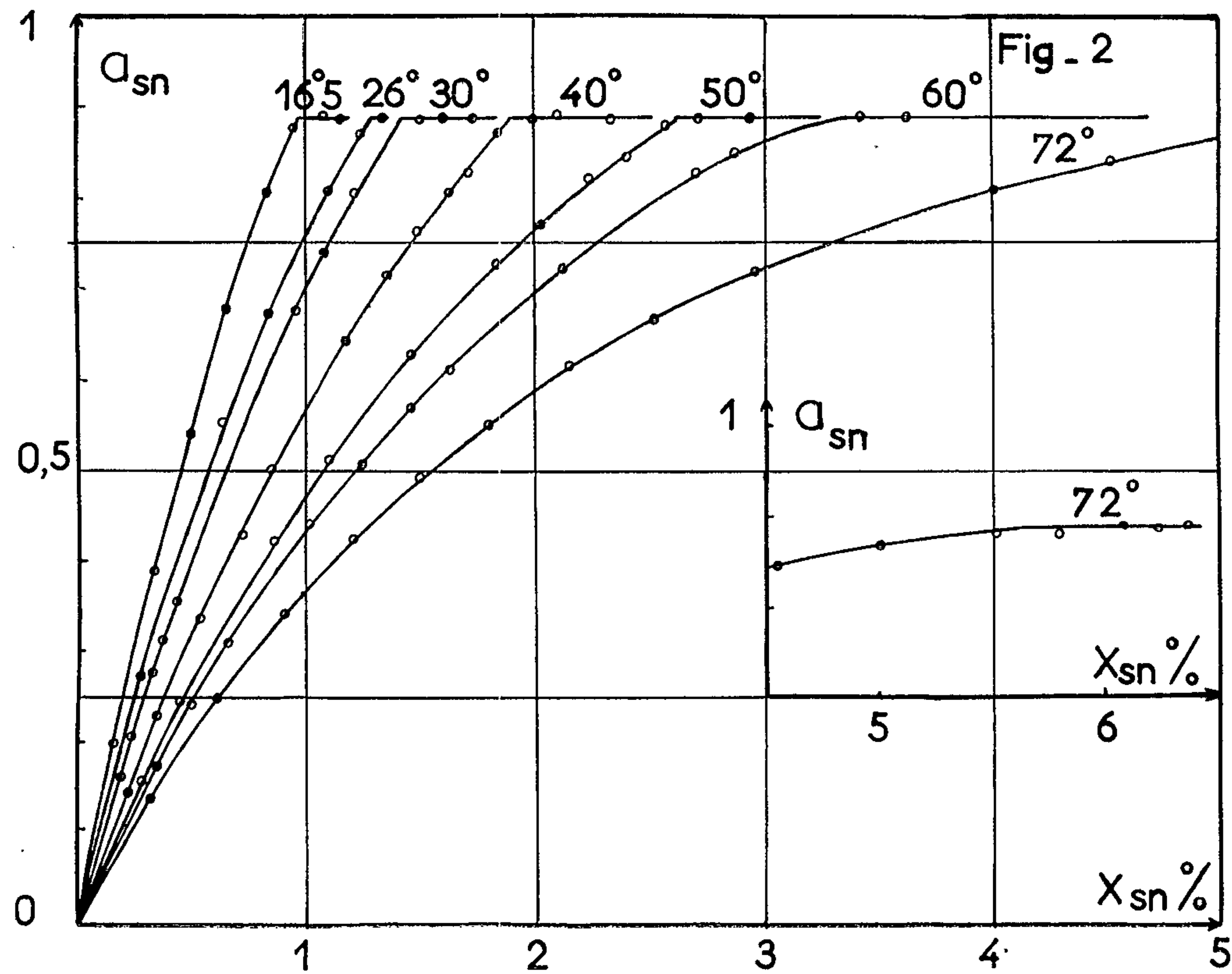
L'amalgame liquide, homogénéisé par un dispositif magnétique, est submergé par l'électrolyte dans lequel plonge l'électrode d'étain solide. Un fil de molybdène, protégé par une gaine plastique évitant tout contact avec l'électrolyte, réalise la liaison électrique avec l'amalgame. La cellule est placée dans un ultra-thermostat qui assure une stabilisation de température correspondant à $\pm$ 1/10°C.

L'électrolyte doit répondre aux exigences suivantes : absence d'hydrolyse des sels stanneux et de potentiels mixtes occasionnés par un changement local de composition de l'électrolyte, nécessité de stabilisation de l'étain à l'état d'oxydation + 2. On réalise ces conditions au moyen d'une solution aqueuse de NH_4Cl renfermant une très faible quantité de $SnCl_2$ complexé par l'acide tartrique; le mélange, amené au pH 7, est homogénéisé durant toute la mesure par un léger barbotage d'argon.



Des mesures de deux types ont été effectuées :

1° Pour 11 compositions d'alliages, on a suivi la variation de la f. é. m. en fonction de la température entre 10 et 80°C. L'application de la relation (1) par tracé de la fonction $\ln a = f(1/T)$ conduit à une famille de droites dont la pente exprime $\Delta\overline{H}_{((Sn))}$.



On a reporté sur la figure 1 la valeur de $\Delta\overline{H}_{((Sn))} = f(x_{Sn})$ qui, par extrapolation, permet d'atteindre l'enthalpie partielle limite de l'étain $\Delta\overline{H}^{\infty}_{((Sn))} = 3{,}6$ kcal/at-g.

2° Pour sept valeurs de la température, la variation du potentiel au cours des additions successives d'étain dans l'amalgame conduit au tracé des courbes de la figure 2 :

$$a_{((Sn))_{Hg}} = f(x_{Sn}).$$

Celles-ci présentent, avec une très bonne précision, les paliers caractéristiques de la saturation de l'amalgame permettant un tracé rigoureux du liquidus entre 16,5 et 72°C.

T°C.	$x_{((Sn))_{Hg}}$ at-g %.	T°C.	$x_{((Sn))_{Hg}}$ at-g %.
16,5.........	0,97 ± 0,02	50.........	2,59 ± 0,04
26...........	1,27 ± 0,02	60.........	3,34 ± 0,02
30...........	1,40 ± 0,03	72.........	5,6 ± 0,05
40...........	1,88 ± 0,02		

L'intérêt particulier de cette nouvelle détermination réside dans le fait que l'activité à saturation de l'étain dans l'amalgame est constante entre 16,5 et 72°C :

$$a_{(\mathrm{Sn})_{\mathrm{Hg}}} = 0,89 \pm 0,01.$$

Ceci atteste, selon toute probabilité, l'existence d'un solidus pratiquement vertical, situé à la composition $x_{\mathrm{Sn}} = 0,89$ at-g %, limitant un domaine de solution solide de comportement idéal.

Ainsi se trouve infirmée la formation de la phase intermédiaire δ présumée par Gayler (2).

En conclusion, ces mesures qui ont complété nos connaissances des propriétés thermodynamiques des alliages mercure-étain ont permis le tracé d'une partie du liquidus et du solidus du diagramme d'équilibre des phases. Il faut noter que la détermination de lignes d'équilibres de pente aussi importante serait moins précise et même souvent impossible par analyse thermique.

(*) Séance du 15 octobre 1962.

(1) La symbolique utilisée est explicitée dans : *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1019.

(2) M. L. V. GAYLER, *J. Inst. Metals*, 60, 1937, p. 403.

(*École Nationale Supérieure d'Électrochimie et d'Électrométallurgie, Grenoble.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Augmentation de la ductilité de l'uranium par recuit partiel après écrouissage.* Note (*) de Mmes **Nelly N. A. de Libanati** et **Sara V. de Tanis**, présentée par M. Georges Chaudron.

Les structures partiellement recristallisées obtenues par recuit à 350°C sont beaucoup plus ductiles que celles totalement recristallisées en phase α. La présence simultanée des bandes moins déformées non recristallisées et des zones à grains fins des premières étapes de la recristallisation serait responsable de ce comportement. Outre l'importance théorique de ce phénomène, celui-ci facilite l'emploi de températures de recuit bien inférieures à celles utilisées maintenant au cours du laminage à froid de l'uranium.

Le laminage à froid de l'uranium est effectué, soit après des recuits en haut de α alternés de faibles passes de laminage ([1]), soit après un recuit en β suivi d'un maintien en haut de α pour éliminer les tensions [([2]), ([3])] : on peut atteindre ainsi des taux d'écrouissage de 80 %.

Cependant le réseau orthorhombique de l'uranium α se trouve apparenté à celui des métaux hexagonaux compacts. Pour ces métaux et leurs alliages, on a observé un comportement différent de celui des métaux cubiques, en particulier une grande ductilité pour des structures perturbées [([5]), ([7])].

En tenant compte de ces observations, nous avons tracé les courbes de traction de l'uranium de haute pureté d'origine électrolytique (teneur totale en impuretés $< 100.10^{-6}$), écroui par laminage à froid de 75 % et soumis à différents traitements thermiques, en particulier à des recuits partiels. La figure 1 montre que les recuits en phase α à des températures supérieures à 400°C produisent des structures assez peu ductiles. Par contre, quand les températures ou les temps de recuit sont insuffisants pour réaliser une recristallisation complète, on obtient des courbes de traction de pente assez petite dès le début de la déformation et d'allongements à la rupture considérables. La structure obtenue par passage $\beta \rightarrow \alpha$ a une allure très voisine de celle des structures demi-recristallisées.

Nous avons examiné la structure micrographique du métal laminé et celle du métal demi-recristallisé et nous avons confirmé les observations d'autres auteurs [([2]), ([3]), ([6])]. L'uranium laminé à froid présente une grande hétérogénéité de déformation : on trouve des bandes d'aspect et de microdureté très différentes qui provoquent l'apparition de plusieurs processus différents et simultanés de recuit. Après recuit de 48 h à 350°C, la structure est constituée par les bandes les moins déformées de la structure de laminage qui n'ont pas encore recristallisé et par des zones recristallisées à grains très fins provenant des bandes fortement maclées. Après divers recuits, nous avons trouvé que la structure la plus déformable correspond à 50 % du volume recristallisé. La dureté Vickers ne rend pas compte de ce phénomène, la dureté diminuant progressivement au fur et à mesure que la recristallisation progresse.

Quand on déforme par traction jusqu'à rupture une structure demi-recristallisée, on trouve que les bandes non recristallisées se déforment comme un cristal imparfait (*fig.* 2). Simultanément dans les bandes formées par des grains très fins ceux-ci sont traversés sans déviation importante aux joints de grains par les divers systèmes de déformation (*fig.* 3). On peut donc penser qu'elles se comportent comme une structure à gros grains imparfaits, semblable à celle qu'on obtient par passage $\beta \rightarrow \alpha$. Par contre, quand on produit une recristallisation totale par recuit en haut de α, la déformation est très différente quand on passe d'un grain à l'autre.

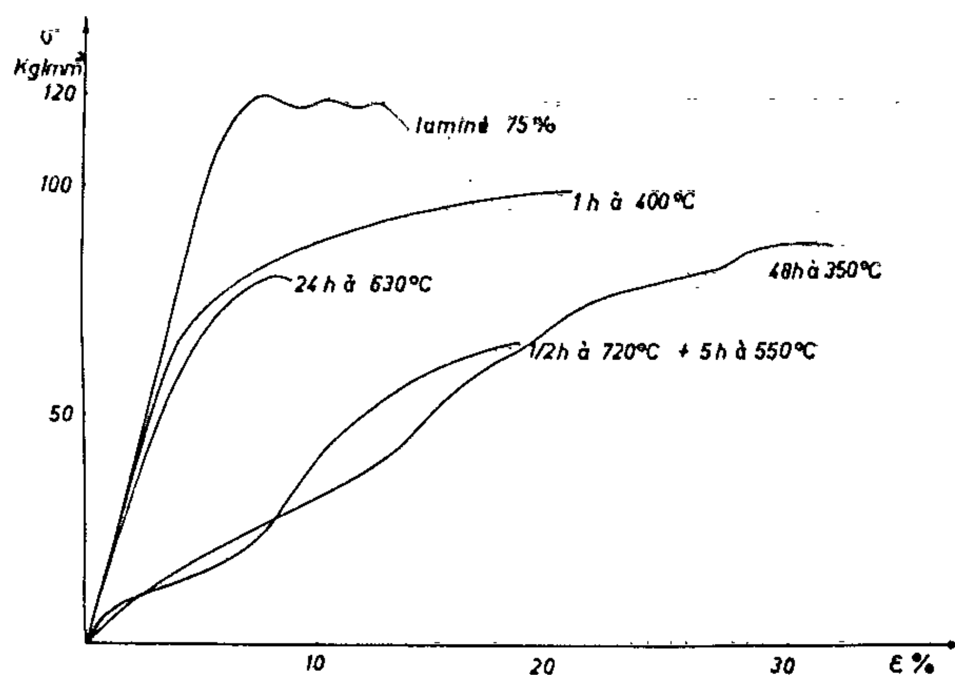


Fig. 1. — Courbes de traction de l'uranium en fonction de divers traitements thermiques.

Cabane et Petit ([2]) ont trouvé que jusqu'à 420°C, les coefficients de dilatation ne changent pas. Ce phénomène, confirmé par d'autres chercheurs [([3]), ([4])] justifie que la structure de début de recristallisation à basse température présente la même texture que celle de laminage. Par contre, un récent travail de Lloyd et Mueller ([7]) montre que les structures totalement recristallisées, même pour des recuits à 380°C (300 h) présente une texture déjà différente de celle de laminage, cette texture se modifiant quand on change la température ou la succession des recuits. D'après les observations métallographiques, ces changements de la texture coïncident avec une croissance de certains grains aux dépens de la structure à grains fins. Dans les structures demi-recristallisées que nous avons étudiées, la durée de recuit aurait permis seulement le début de la recristallisation ou une première étape de la croissance des grains, d'où la faible désorientation entre eux.

En conclusion, nous avons effectué le laminage à froid de l'uranium demi-recristallisé après recuit de 48 h à 350°C, ce qui permet d'atteindre des taux d'écrouissage par laminage à froid de 90 % sans apparition, ni de défauts superficiels, ni de déchirures sur les bords.

Nous poursuivons l'étude de l'évolution par recuit des structures demi-recristallisées et laminées, dont l'intérêt est évident autant sur le plan pratique que théorique. Il est en effet très important du point de vue technologique de réduire la température des recuits intermédiaires pour la transformation mécanique de matériaux aussi susceptibles à l'oxydation que l'uranium.



Fig. 2.

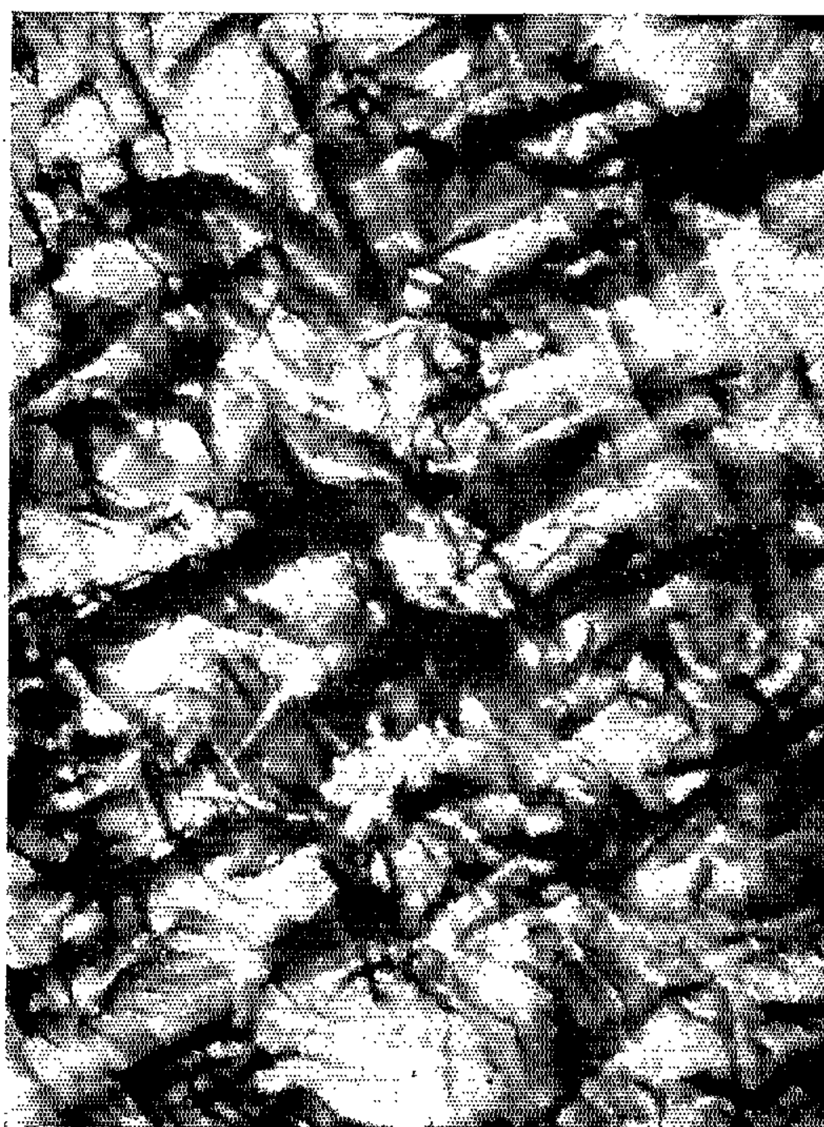


Fig. 3.

Fig. 2. Structure des bandes non recristallisées déformées par traction (G × 800).
Fig. 3. — Structure des zones recristallisées déformées par traction (G × 800).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) E. S. FISHER, *Trans. A.I.M.E.*, 209, 1957, p. 882.
(2) G. CABANE et J. PETIT, *Rev. Mét.*, 51, n° 9, septembre 1954, p. 603-613.
(3) W. R. YARIO et L. T. LLOYD, *Rapport A. N. L.*, n° 5 966, 1959.
(4) G. CIZERON, D. CALAIS, B. PINTEAU et P. LACOMBE, *Mém. scient. Rev. Mét.*, 57, 1960, p. 589.
(5) H. HERENGUEL, D. WHITWHAM et P. PRIESTER, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2710.
(6) P. E. MADSEN, *Rapport A. E. R. E.*, M/R, n° 1509, 1954.
(7) J. T. LLOYD et M. MUELLER, *Rapport A. N. L.*, n° 6 359, 1960, p. 67.

(*Comision Nacional de Energia Atomica, Buenos Aires, Argentine.*)

RADIOCHIMIE. — *Catalyse homogène d'oxydations radiolytiques par le tétroxyde d'osmium en solution aqueuse.* Note de MM. **Moïse Haïssinsky** et **Jean-Claude Dran**, présentée par M. Georges Champetier.

On sait que le tétroxyde d'osmium catalyse de nombreuses réactions d'oxydation, notamment de composés organiques (1). Nous avons pensé que ce réactif pourrait accélérer également certaines réactions radiolytiques. Nos essais préliminaires ont effectivement montré que l'effet prolongé qui caractérise l'oxydation de $PtCl_4^{2-}$ en solution acide par les rayons γ et qui est dû à l'action lente de l'eau oxygénée, était supprimé en la présence de très petites quantités de OsO_4 et que le rendement mesuré alors immédiatement après l'irradiation est très voisin du rendement global (effet prolongé compris) qu'on obtient en l'absence du catalyseur.

Nous reviendrons ultérieurement sur ces expériences et nous nous bornerons à résumer ici les résultats encore plus remarquables que nous avons obtenus par irradiation aux rayons γ de solutions de tellurite de sodium en solution acide (H_2SO_4 0,8 N). Le comportement radiolytique de ce système en l'absence de catalyseurs a été soigneusement étudié dans notre Laboratoire (2). Il présente la particularité qu'en dehors de l'oxydation de Te^{IV} en Te^{VI}, on observe la formation de H_2O_2 qui est inerte en milieu acide relativement au soluté.

Le tellure tétra- et hexavalent, de même que l'eau oxygénée et le tétroxyde ont été dosés par spectrophotométrie à l'aide de procédés qui seront décrits ailleurs.

Nous avons utilisé dans ces expériences une source de radiocobalt de 45 C ($I = 3.10^{18}$ eV/ml.h). Toutes les irradiations ont été effectuées en faisant passer un courant continu d'oxygène à travers la solution.

Nous avons d'abord vérifié que le tétroxyde ne réagit pas thermiquement avec Te^{IV}. Nous avons ensuite irradié des solutions acides de Te^{IV} de diverses concentrations en la présence de OsO_4, 0,7 à $1,6.10^{-5}$ M, après avoir constaté que la variation de la concentration du catalyseur dans un rapport 1 à 5 ne modifiait pas les résultats radiolytiques. Dans aucune des solutions irradiées on n'a décelé la présence de H_2O_2, tandis que les rendements d'oxydation de Te^{IV}, en unité G(3), sont indiqués dans le tableau, où ils sont comparés à ceux qu'on a obtenus précédemment (2) en l'absence de OsO_4.

D'après ce tableau, le catalyseur permet non seulement l'oxydation de Te^{IV} par l'eau oxygénée, mais sans doute aussi, aux concentrations relativement élevées, une meilleure utilisation des radicaux libres OH ou HO_2. En effet, le rendement d'oxydation en présence de OsO_4 est, pour les trois dernières solutions du tableau supérieur, à la somme $G(Te^{VI}) + G(H_2O_2)$ mesurés en son absence.

Il nous a paru alors intéressant d'examiner l'effet de OsO_4 sur l'oxydation thermique de Te^{IV} par l'eau oxygénée et sur l'utilisation de cette dernière lors de la radiolyse de solutions de Te^{IV}, lorsqu'elle est ajoutée avant l'irradiation. On constate dans le premier cas (sans irradiation) que l'eau oxygénée ($0,5.10^{-3}$ M) oxyde stœchiométriquement Te^{IV} (10^{-3} M) en présence de OsO_4 ($1,6.10^{-5}$ M).

Conc. Te^{IV}, M.	$G(Te^{VI})_{Os}$.	$G(Te^{VI})$ (en l'absence de OsO_4).	$G(H_2O_2)$ (en l'absence de OsO_4).	Observations.
5.10^{-4}........	5,0	2,9	2,5	Même résultat avec OsO_4 1,2 et 5.10^{-5} M
1.10^{-3}........	5,5; 5,6	2,9	2,2	OsO_4, $0,7.10^{-5}$ et $3,5.10^{-5}$ M
$2,5.10^{-3}$........	6,0	2,9	2,2	–
5.10^{-3}........	6,0	3,2	2,1	–

D'autre part, lorsqu'on irradie des solutions acides de Te^{IV} en la présence d'eau oxygénée seule, la concentration de celle-ci augmente légèrement, tandis que le rendement d'oxydation est considérablement diminué (G = 0,75 au lieu de 2,9). En la présence de OsO_4 cependant l'eau oxygénée disparaît rapidement, tandis qu'on mesure au début un rendement d'oxydation très élevé, qui diminue ensuite et devient sensiblement égal à celui qu'on mesure sans addition initiale de H_2O_2 (G = 5,5).

Nous poursuivons ces expériences en examinant l'effet du tétroxyde sur d'autres solutés irradiés dans l'eau.

(1) *Voir*, par exemple, *Nouveau Traité de Chimie minérale* dirigé par P. PASCAL, IX, p. 213; F. SOLYMOSI, *Naturwiss.*, 44, 1957, p. 374; L. J. CZANYI, *Acta Chim. Acad. Sc. Hungar.*, 21, 1959, p. 35.

(2) P. PATIGNY, G. LUNDE et M. HAÏSSINSKY (sous presse).

(3) L'unité G exprime le nombre de molécules (ou d'ions) transformées par 100 eV d'énergie absorbée.

(*Institut du Radium, Laboratoire Curie*, 11, *rue Pierre-Curie*, *Paris*, 5e.)

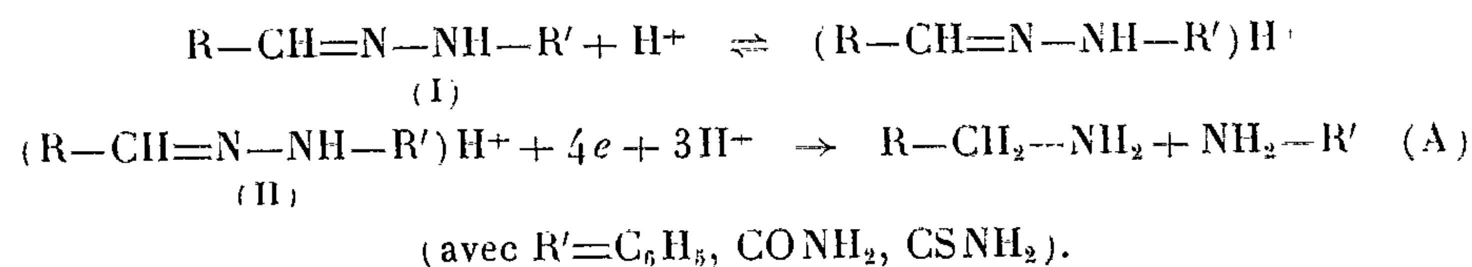
POLAROGRAPHIE. — *Sur le comportement polarographique de dérivés de caractérisation des aldéhydes.* Note (*) de MM. **Étienne Laviron**, **Maurice Person** et **Pierre Fournari**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les anomalies polarographiques des oximes, semicarbazones, thiosemicarbazones et phénylhydrazones dérivées des aldéhydes hétérocycliques conduisent à proposer un mécanisme de réduction différent selon la nature de l'hétérocycle.

La polarographie des oximes a déjà fait l'objet de plusieurs travaux [(1), (2), (3)], mais les recherches relatives aux autres composés de caractérisation des aldéhydes sont beaucoup moins nombreuses. Une étude systématique d'une série de phénylhydrazones, semicarbazones, thiosemicarbazones et oximes nous a conduits à classer ces dérivés en deux groupes; ceux dérivés du benzène et des hétérocycles neutres (furanne, thiophène, pyrrole et N-méthylpyrrole) et ceux dérivés d'hétérocycles basiques (composés de la pyridine dans les différentes positions).

Dérivés du benzène et des hétérocycles non basiques. — Pour tous ces composés, la morphologie des polarogrammes montre une évolution analogue à celle signalée par P. Souchay dans le cas des oximes (1). En milieu acide, la vague à 4 F est normale. Mais en milieu neutre, cette vague prend une forme caractéristique (S renversé) et la hauteur du maximum diminue lorsque le pH augmente. Le courant minimal possède les caractéristiques d'un courant cinétique. En milieu alcalin on note l'apparition d'une vague à 2F dans le cas des thiosemicarbazones et à 4F dans le cas des oximes. Cette vague précède de peu la décharge de l'électrolyte support.

L'analogie étroite de comportement observée pour l'ensemble des dérivés permet de proposer dans tous les cas un mécanisme analogue à celui des oximes (1) : la réduction porte sur la forme protonisée avec formation d'une vague cinétique, et conduit à l'amine, et, respectivement, à l'aniline, l'urée ou la thiourée :

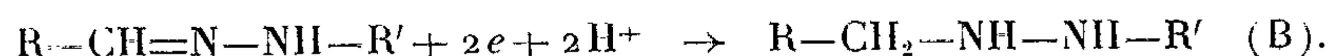


$$\underset{(I)}{R-CH=N-NH-R'} + H^+ \rightleftharpoons (R-CH=N-NH-R')H^+$$

$$\underset{(II)}{(R-CH=N-NH-R')H^+} + 4e + 3H^+ \rightarrow R-CH_2-NH_2 + NH_2-R' \quad (A)$$

(avec $R'=C_6H_5$, $CONH_2$, $CSNH_2$).

La vague apparaissant en milieu alcalin est attribuable à la réduction de la forme (I) non protonisée. Dans le cas des thiosemicarbazones cette réduction s'arrêterait au stade *hydrazine* substituée :



$$R-CH=N-NH-R' + 2e + 2H^+ \rightarrow R-CH_2-NH-NH-R' \quad (B).$$

Il est intéressant de noter l'influence des substances tensioactives sur la vague en S. On constate qu'un certain nombre de substances (gélatine,

imidazole, rouge de méthyle, bleu de méthylène), dont le potentiel de désorption est supérieur au potentiel où se produit le minimum de courant, modifient l'allure du polarogramme : celui-ci tend à reprendre une forme normale lorsque la concentration en substance tensioactive croît (*fig.* 1).

L'adsorption de certains ions ammoniums quaternaires (tétrabutylammonium) entraîne la disparition plus ou moins complète de la vague par inhibition de la réduction. Au contraire, en solution d'iodure de tétraméthylammonium, la vague reste parfaitement définie. Tyutyulkov a d'ailleurs pu dans ces conditions mettre en évidence des différences dans les polarogrammes des formes syn et anti de certaines oximes ([4]).

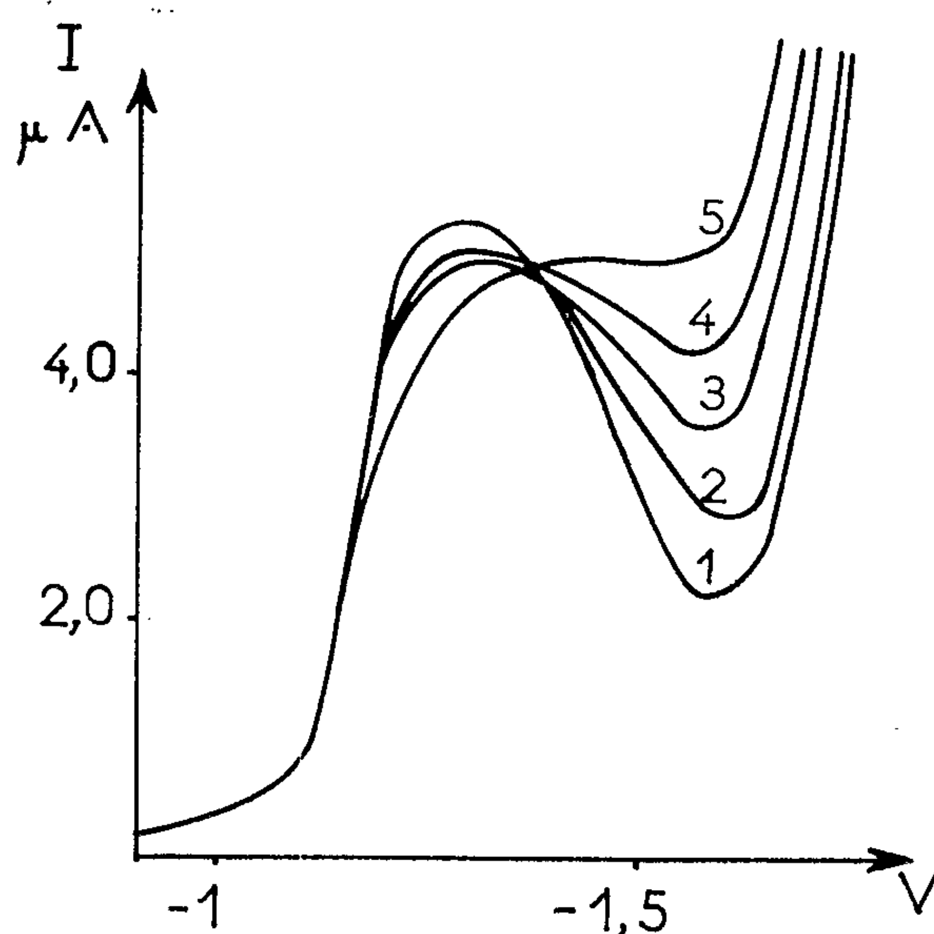


Fig. 1. — Influence de la gélatine sur la morphologie de la vague des thiosemicarbazones. Cas de la thiosemicarbazone de l'acétophénone à pH 5,4. Quantité de gélatine ajoutée : 1, 0 %; 2, 0,002 %; 3, 0,006 %; 4, 0,01 %; 5, 0,014 %.

Signalons enfin que la force ionique a une influence notable sur la morphologie de la vague.

L'ensemble de ces résultats semble confirmer l'importance de la structure de la double couche sur le mécanisme de la réduction ([1]).

Dérivés de la pyridine. — Ces dérivés s'écartent du comportement habituel : *a.* la vague en S n'apparaît à aucun pH; *b.* les oximes et les phénylhydrazones se réduisent avec intervention de 4F, mais les semi- et thiosemicarbazones donnent une vague correspondant sensiblement à 2F.

L'absence de la vague en S s'interprète en supposant que le courant n'a plus une origine cinétique, l'entité réductible étant dans ce cas la forme basique (I) et non la forme protonisée (II) du groupement fonctionnel. A l'appui de cette hypothèse, on peut mentionner que le dérivé caractéristique est plus difficilement réductible que l'aldéhyde correspondant, alors qu'on observe habituellement l'ordre inverse.

La vague à 2F des semi et thiosemicarbazones s'interprète dans l'hypothèse d'une réduction en hydrazine substituée. Des réactions de ce type sont d'ailleurs possibles par voie chimique ([5]). Le mécanisme serait identique à celui que nous avons proposé plus haut pour la réduction des thiosemicarbazones en milieu alcalin (mécanisme B). Dans les deux cas la réduction a lieu sur la forme non protonisée.

Signalons enfin que la vague à 4F de la phénylhydrazone du pyridinaldéhyde-4 est suivie d'une vague à 2F. Cette vague, comme dans le cas de l'oxime, est attribuable à la réduction de la picolylamine formée au premier stade.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

([1]) P. Souchay et S. Ser, *J. Chim. Phys.*, 49, 1952, C 172.

([2]) M. J. Gardner et W. P. Georgans, *J. Chem. Soc.*, 1956, p. 4181.

([3]) J. Tirouflet, *Advances in Polarography*, Pergamon Press, 2, 1960, p. 740.

([4]) N. Tyutyulkov et E. Paspalaeev, *C. R. Acad. Bulg. Sc.*, 14, 1961, p. 159.

([5]) De Witt Neighbors, A. L. Forster, S. M. Clark, J. E. Miller et J. R. Bailey, *J. Amer. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 1557.

(*Laboratoire de Chimie générale, Faculté des Sciences, Dijon.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Contribution à l'étude de la pyrolyse de l'oxalate de cobalt.* Note (*) de M. **Jean Amiel** et Mlle **Colette Paulmier**, présentée par M. Paul Pascal.

On étudie la décomposition de l'oxalate de cobalt dihydraté par analyse thermique pondérale et analyse thermique différentielle, sous atmosphères gazeuses dynamiques de N_2, H_2, $N_2 + H_2$, et sous vide. La chromatographie en phase gazeuse, nous révèle la formation de méthane et d'oxyde de carbone sous atmosphère d'azote hydrogéné à 25 %, d'oxyde de carbone sous atmosphère d'hydrogène. Les rayons X montrent l'apparition de la phase cubique presque pure du cobalt sous azote hydrogéné à 25 %, et de la phase hexagonale presque pure sous hydrogène.

Cette étude a déjà été menée par Robin (1) et David (2), sous vide statique, sous air et sous azote. Nous effectuons, outre la thermogravimétrie et l'étude aux rayons X, l'analyse chromatographique des gaz entraînés; cette pyrolyse est également suivie par analyse thermique différentielle.

Étude thermogravimétrique. — Les prises d'essai de 50 mg sont placées dans des nacelles cylindriques à fond plat et la vitesse de chauffe est de 2°C/mn, sous des atmosphères gazeuses de N_2, H_2, $N_2 + 25\ \%\ H_2$, en régime dynamique, et sous vide. Nous utilisons la balance Eyraud.

Les chromatographies sont faites sur colonnes de gel de silice ou de zéolithe (appareil Perkin-Elmer); l'analyse des résidus par la méthode Debye-Scherrer (montage Beaudouin).

Sous vide entretenu : On observe des projections de solides hors de la nacelle. Dans ce cas, l'analyse du résidu aux rayons X révèle la présence de cobalt cubique et d'oxyde CoO en plus grande quantité. Pour pouvoir interpréter le thermogramme nous avons recours à des nacelles munies de chambres d'expansion et de capillaires. Le résidu, qui est parfois pyrophorique, contient alors du cobalt cubique et de l'oxyde CoO; la proportion de cobalt est plus grande qu'avec les nacelles ordinaires. Le ΔP % final atteint 66 % (*cf.* courbe 1).

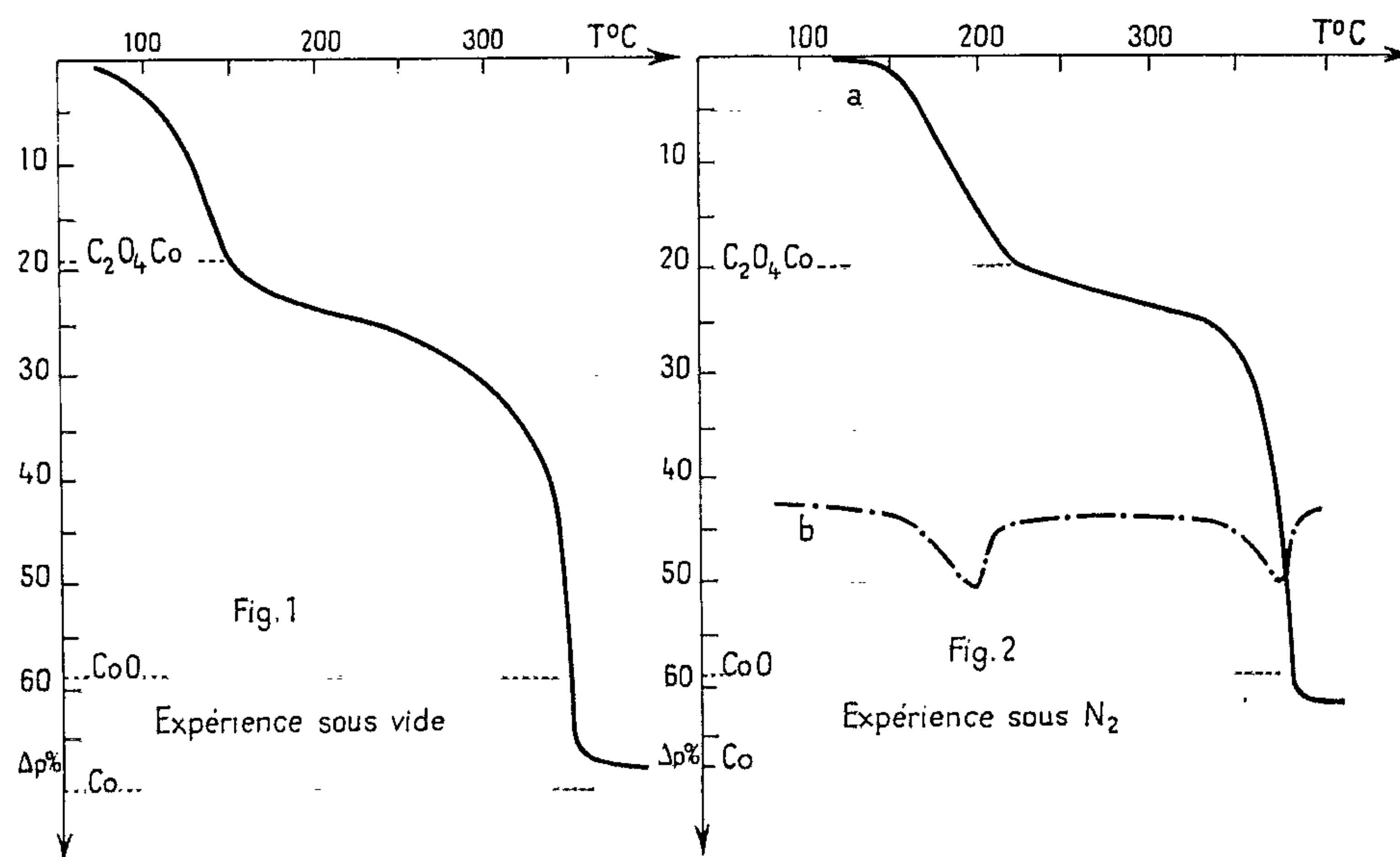
Sous atmosphère d'azote : La perte de poids est comprise entre celles calculées pour CoO et Co, soit 63 % (*cf.* courbe 2). D'autre part le résidu, analysé aux rayons X, contient du cobalt cubique, du cobalt hexagonal en petite quantité et de l'oxyde CoO. Nous ne détectons pas d'oxyde de carbone.

Sous atmosphère d'hydrogène : La décomposition est plus rapide, la perte de poids enregistrée est voisine de celle qu'on calcule pour un résidu de cobalt, soit 67 contre 67,7 % (*cf.* courbe 3); cela est confirmé par l'analyse aux rayons X, qui montre de plus que la phase hexagonale est presque pure, avec seulement quelques traces de cobalt cubique. Au chromatographe on détecte de l'oxyde de carbone.

Sous atmosphère d'azote hydrogéné à 25 % : Le thermogramme ressemble au précédent, mais la décomposition est décalée de 20° vers les hautes températures. Le ΔP % final est encore de l'ordre de 67 % (*cf.* courbe 4).

Les rayons X révèlent la présence de cobalt cubique presque pur additionné de traces d'oxyde CoO. L'analyse au chromatographe des gaz provenant de la décomposition nous donne du méthane et de l'oxyde de carbone.

ANALYSE THERMIQUE DIFFÉRENTIELLE. — Nous opérons sous les différentes atmosphères gazeuses (dynamiques) précédentes, à l'aide d'un appareil Netzsch. Les prises d'essai sont de 200 mg; l'échantillon d'oxalate de cobalt est dilué dans de la magnésie (substance inerte de référence),



la vitesse de chauffe est de 2°/mn. Les courbes d'analyse thermique différentielle sont reproduites ici avec celles d'analyse thermique pondérale :

Sous azote, les pics correspondant respectivement à la déshydratation et à la décomposition sont endothermiques, et les domaines de températures coïncident avec ceux de l'analyse thermique pondérale.

Sous hydrogène, le premier pic est endothermique; le deuxième, exothermique, correspond à la superposition de quatre pics successifs.

Sous azote hydrogéné à 25 %, suivant les débits, nous obtenons des aspects différents du deuxième pic : sous débit compris entre 15 et 4 l/h ce pic est complexe, mais entièrement exothermique; sous débit plus faible (de l'ordre de 1 l/h) il est formé d'un pic endothermique multiple suivi d'un pic exothermique. La décomposition de l'oxalate sous $N_2 + H_2$ à faible débit rappelle donc les décompositions sous azote et sous hydrogène; la quantité d'hydrogène en contact avec le produit dans un intervalle de temps donné orienterait le sens de la réaction.

ANALYSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS. — Les expériences menées *sous vide*, dans des nacelles ordinaires et dans des nacelles spéciales, montrent qu'il y a inversion de l'intensité des raies du cobalt et de CoO quand on passe d'une technique à l'autre : il y a plus de cobalt dans le cas des nacelles spéciales. Ceci s'expliquerait (2) par une réduction de

l'oxyde CoO par l'oxyde de carbone formé dans un premier stade de la pyrolyse (temps de contact de CO avec le solide accru) :



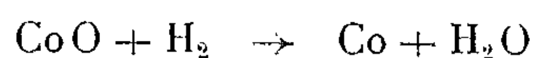
$$CoC_2O_4 \rightarrow CoO + CO + CO_2.$$

puis



$$CoO + CO \rightarrow Co + CO_2.$$

Sous hydrogène, les deux gaz réducteurs H_2 et CO sont en compétition; or à 300°C, H_2 est meilleur réducteur que CO, et il est en plus grande quantité. La réaction



$$CoO + H_2 \rightarrow Co + H_2O$$

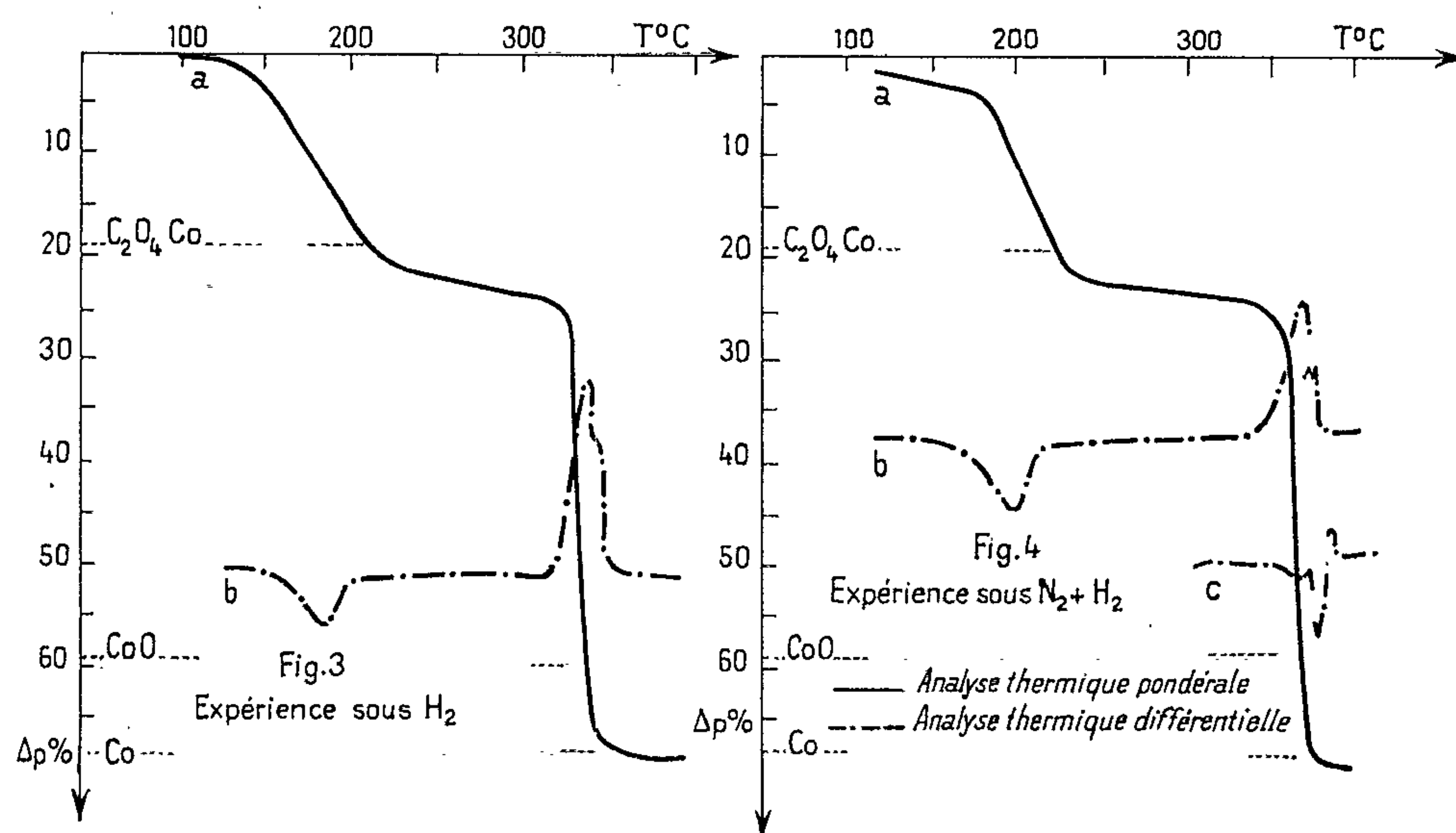
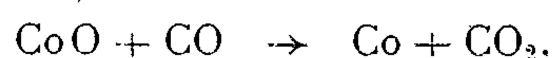


Fig. 3
Expérience sous H_2

Fig. 4
Expérience sous $N_2 + H_2$

serait plus importante que



$$CoO + CO \rightarrow Co + CO_2.$$

D'autre part, la phase cobalt hexagonal existe pratiquement seule.

Sous azote hydrogéné à 25 %, nous n'obtenons que du cobalt cubique. L'hydrogène réduirait les oxydes du carbone pour donner le méthane observé, réaction catalysée par le cobalt réduit.

Sous fort et moyen débit, H_2 et CO sont encore en compétition et la réduction de CoO par l'hydrogène serait toujours prédominante : la décomposition est exothermique comme sous hydrogène. Sous faible débit, par contre, la réduction par l'oxyde de carbone reprendrait de l'importance; cela semble confirmé par le fait que la première partie de la décomposition est alors endothermique.

(*) Séance du 22 octobre 1962.

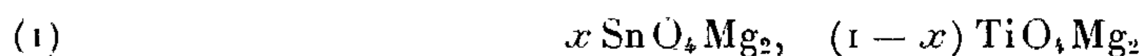
(1) Robin, *Bull. Soc. Chim.*, n° 223, 1953, p. 1078-1084.

(2) David, *Bull. Soc. Chim.*, n° 146, 1960, p. 719-735.

(*Laboratoire de Chimie des Solides, Sorbonne.*)

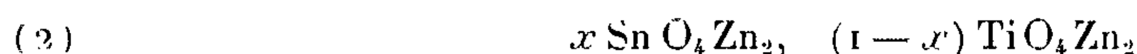
CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la solution solide* SnO_4Co_2, $(1 - x)\,SnO_4Zn_2$. Note (*) de MM. **Paul Poix** et **André Michel**, présentée par M. Georges Chaudron.

A la suite d'une étude préliminaire des solutions solides de type spinelle



(1) $$x\,SnO_4Mg_2,\quad (1 - x)\,TiO_4Mg_2$$

et



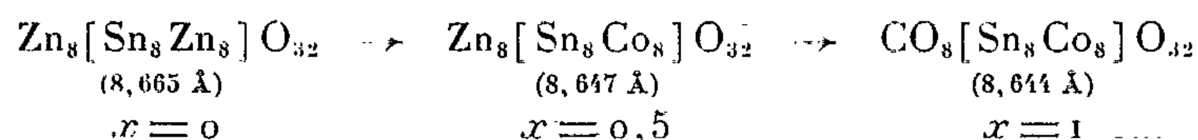
(2) $$x\,SnO_4Zn_2,\quad (1 - x)\,TiO_4Zn_2$$

qui a permis de fixer la contribution diamagnétique apportée par le radical SnO_4^{4-}, nous avons étudié l'évolution du coefficient d'aimantation atomique du cobalt dans la solution solide $x\,SnO_4Co_2$, $(1 - x)\,SnO_4Zn_2$, pour mettre en évidence le comportement magnétique de l'ion cobalt vis-à-vis de l'ion zinc.

Nous avons préparé par recuit dans l'état solide plusieurs séries de composés mixtes, soit par mélange des orthostannates de zinc et de cobalt, soit par mélange des oxydes élémentaires : SnO_2, ZnO et CoO. Le détail des traitements thermiques a été exposé dans une publication relative aux orthostannates ([3]).

La diffraction X montre que ces solutions sont du type spinelle et qu'il y a substitution continue du zinc au cobalt dans l'orthostannate de cobalt. La figure 1 représente la variation du paramètre a en fonction de x.

L'allure de cette courbe est à rapprocher de celle qu'a observé Romeijn ([4]) dans le cas de la solution solide $x\,TiO_4Co_2$ $(1 - x)\,TiO_4Zn_2$. Nous interprétons la variation paramétrique en admettant un processus de substitution en deux étapes : tout d'abord pour $x \leq 0,5$ il y a préférence des ions cobalt à remplacer les ions zinc occupant les sites octaédriques (sites B), puis pour $x > 0,5$ remplacement des ions zinc occupant les sites tétraédriques (sites A). Le schéma de la substitution serait donc le suivant :



$$\underset{\substack{(8,665\ \text{Å})\\ x=0}}{Zn_8[Sn_8Zn_8]O_{32}} \rightarrow \underset{\substack{(8,647\ \text{Å})\\ x=0,5}}{Zn_8[Sn_8Co_8]O_{32}} \rightarrow \underset{\substack{(8,644\ \text{Å})\\ x=1}}{Co_8[Sn_8Co_8]O_{32}}$$

L'étude paramagnétique a prouvé que pour chaque mixte étudié et dans un très large domaine de température, la variation du coefficient d'aimantation atomique du cobalt pouvait se représenter par une loi de Curie-Weiss de la forme $1/X = T - \theta/C$. Nos mesures nous ont permis de déterminer pour chaque valeur de x, une valeur de θ (point de Curie paramagnétique) et de C (constante de Curie). Nous avons représenté sur les figures 2 et 3, la variation de θ et de $C_{Co^{2+}}$ en fonction du taux de substitution.

La variation $\theta = f(x)$, confirme le schéma de substitution proposé à la suite de l'étude paramétrique ; en effet, la faible variation de θ pour $x < 0,4$,

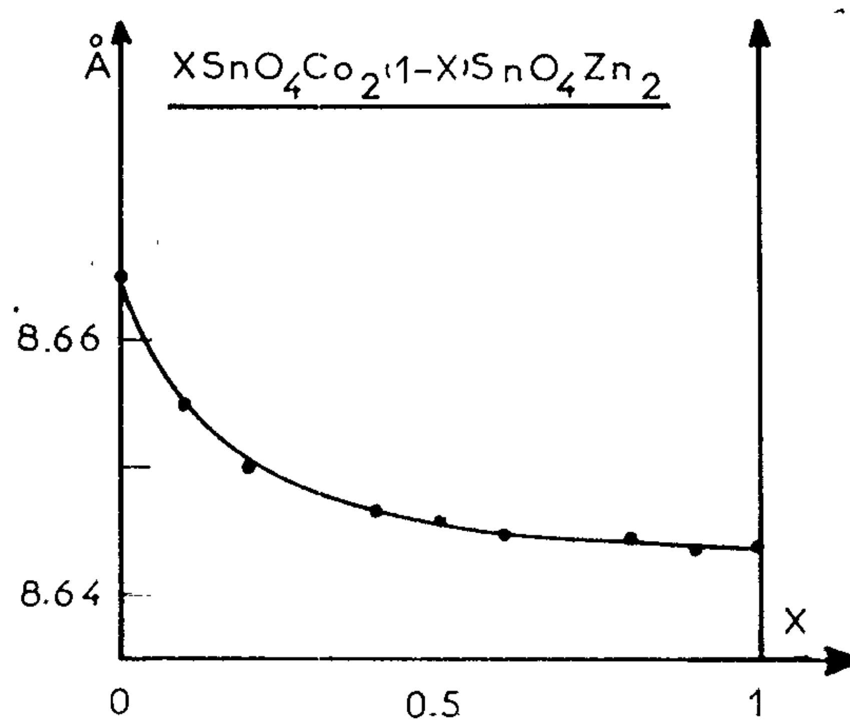


Fig. 1.

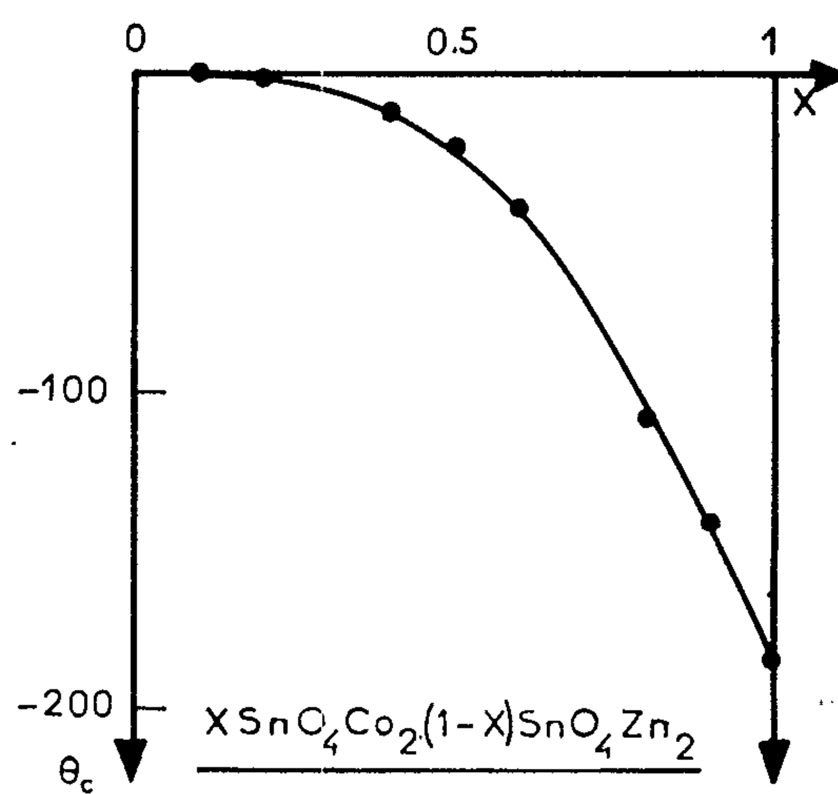


Fig. 2.

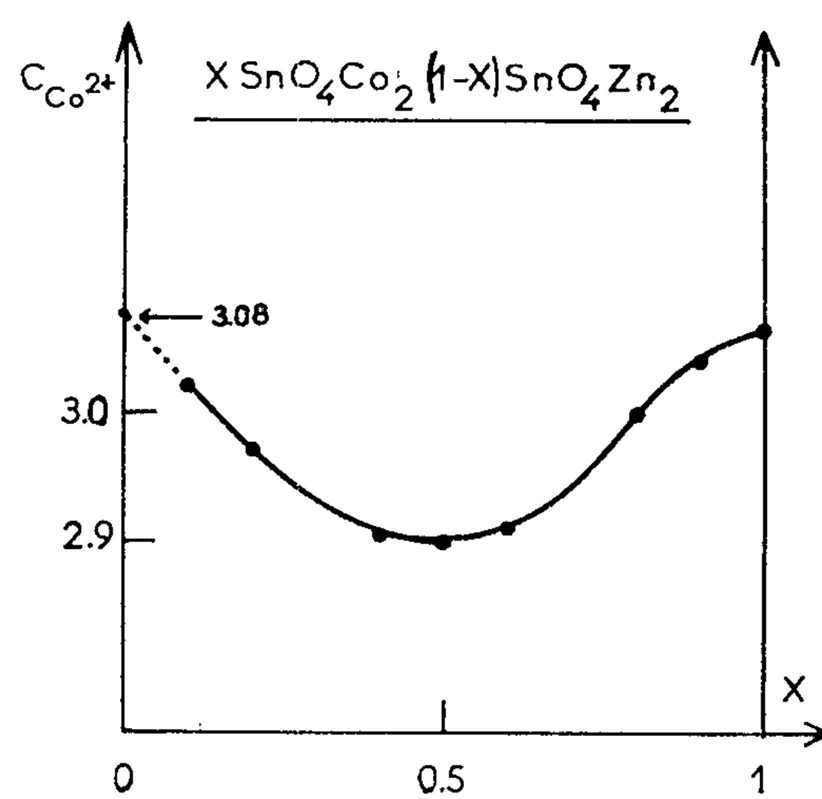


Fig. 3.

montre bien l'existence d'une substitution préférentielle dans le site B et pour $x > 0,5$ la variation rapide de θ s'interprète par la présence simultanée d'ions cobalt dans les sites A et B.

La courbe $C_{Co^{2+}} = f(x)$ présente une allure singulière. Pour $0 < x < 0,5$, $C_{Co^{2+}}$ diminue : ceci tendrait à montrer qu'il existe deux valeurs différentes de $C_{Co^{2+}}$ selon que le cobalt occupe un site A ou un site B. En admettant que C_B soit plus grand que C_A la présence de quelques ions cobalt sur les sites A suffirait à expliquer la diminution de $C_{Co^{2+}}$ quand x augmente. Ce fait ne serait d'ailleurs pas en opposition avec la variation $\theta = f(x)$. En effet pour $x = 0,5$ $\theta = -23^{\circ}$: cette valeur déjà notable laisse supposer la présence de quelques ions cobalt en A dans ce mixte particulier. L'augmentation de la valeur $C_{Co^{2+}}$ à partir de $x = 0,5$ est plus délicate à interpréter : il faut admettre en effet que la constante de Curie de l'ion cobalt, soit dans A, soit dans B, augmente. L'étude cristallographique complète avec examen des intensités de raies que nous poursuivons actuellement, devrait apporter les éléments permettant d'élucider cette particularité.

Cette étude, grâce à l'emploi de deux méthodes d'investigation différentes, montre qu'il y a une substitution préférentielle du cobalt au zinc des sites B dans l'orthostannate de zinc. L'extrapolation de la courbe $C_{Co^{2+}} = f(x)$ pour $x = 0$ donne comme constante de Curie de l'ion cobalt dans le site B, une valeur de 3,08.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) P. Poix et A. Michel, *Bull. Soc. Chim.*, 1962, p. 1010.

(2) P. Poix et A. Michel, *Bull. Soc. Chim.*, 1961, p. 352.

(3) P. Poix et A. Michel, *Bull. Soc. Chim.*, 1959, p. 1653.

(4) F. C. Romeijn, *Philips. Res.*, Rep. 8, p. 304-342.

(*Laboratoire de Vitry du C. N. R. S.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation de quelques alcoxydes de l'antimoine pentavalent.* Note (*) de MM. **Jean-Claude Maire** et **Laszlo Havas**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le pentaéthoxyantimoine a pu être préparé par la méthode à l'alcoolate de sodium. A partir de celui-ci nous avons obtenu, par alcoolyse, une série d'alcoxydes de l'antimoine V.

Dans une publication antérieure ([1]) nous avons signalé la préparation de quelques alcoxoacides de Sb V. Notre but étant de faire une étude systématique des alcoxydes de l'antimoine pentavalent, nous avons abordé la préparation d'une série de ces alcoxydes dont un seul représentant était connu jusqu'à présent : $Sb(OEt)_5$.

La méthode à l'alcoolate de sodium permettant une préparation facile du pentaéthoxyantimoine ([2]) nous avons essayé d'appliquer cette méthode à la préparation d'alcoxydes supérieurs. Comme dans le cas des alcoxoacides nous n'avons pas pu obtenir de résultats satisfaisants : les produits obtenus étaient très impurs; ils contenaient en particulier un pourcentage élevé d'antimoine trivalent. Les essais de purification par distillation sous des pressions de l'ordre du millimètre de mercure ont conduit à une décomposition pratiquement totale.

La méthode par alcoolyse, utilisée fort souvent dans de tels cas s'imposait donc. On chauffe le pentaéthoxyantimoine avec la quantité voulue d'alcool à substituer qui doit être moins volatil que l'alcool éthylique. On recueille l'alcool éthylique qui distille, dans un récepteur gradué, ce qui permet de suivre l'avancement de l'alcoolyse. La réaction est terminée quand on a recueilli tout l'alcool éthylique.

Les alcoxydes étant des composés très sensibles à l'humidité et à la chaleur, il faut pour les obtenir d'une pureté acceptable, respecter les précautions suivantes :

— les produits de départ doivent être parfaitement purs. $Sb(OEt)_5$ est redistillé puis recristallisé dans l'alcool anhydre;

— l'alcool à substituer doit être rigoureusement anhydre;

— la température de l'alcoolyse ne doit pas être trop élevée; la décomposition négligeable à 100° devient plus importante au-dessus de cette température. Nous nous sommes limités à 110°C;

— la durée de l'alcoolyse doit être aussi courte que possible.

Le chauffage prolongé conduit à une décomposition importante. Pour la réduire, nous avons travaillé sous un léger vide. Nous avons pu ainsi ramener la durée de la réaction de 40 à 6 h.

Par cette méthode, nous avons obtenu les alcoxydes suivants : $Sb(OC_3H_7\text{-}n)_5$, $Sb(OC_4H_9\text{-iso})_5$, $Sb(OC_4H_9\text{-}n)_5$, $Sb(OC_5H_{11}\text{-iso})_5$, $Sb(OC_5H_{11}\text{-}n)_5$, $Sb(OC_6H_{13}\text{-}n)_5$, $Sb(OC_7H_{15}\text{-}n)_5$ et $Sb(OC_8H_{17}\text{-}n)_5$.

Pour les premiers termes nous avons travaillé respectivement à 90, 100 et 105°C en utilisant de 50 à 100 % d'excès d'alcool à substituer en raison de l'entraînement par EtOH. Les termes supérieurs ont été préparés à 110° en ajoutant un excès de 5 à 10 % d'alcool seulement. Pendant l'alcoolyse, nous maintenions une pression de 400-500 mm de mercure. Une fois la réaction terminée, l'excès d'alcool était éliminé sous le vide de la trompe à eau.

Les produits obtenus ont été contrôlés par des dosages d'antimoine et par analyse chromatographique en phase gazeuse après hydrolyse. Les résultats sont rassemblés dans le tableau suivant :

	Sb V %			
	théorique.	mesuré.	Sb III %.	Remarques.
$C_{10}H_{25}O_5Sb = Sb(OC_2H_5)_5$	35,2	35,2	-	Solide F 44°
$C_{15}H_{35}O_5Sb = Sb(OC_3H_7\text{-}n)_5$	29,2	29,5	-	» F 48°
$C_{20}H_{45}O_5Sb = Sb(OC_4H_9\text{-iso})_5$	25,1	25,5	0,2	» F 84°
$C_{20}H_{45}O_5Sb = Sb(OC_4H_9\text{-}n)_5$	25,1	25,5	0,5	Liquide
$C_{25}H_{55}O_5Sb = Sb(OC_5H_{11}\text{-iso})_5$	21,9	21,9	0,3	Solide F 37°
$C_{25}H_{55}O_5Sb = Sb(OC_5H_{11}\text{-}n)_5$	21,9	21,9	0,8	Liquide
$C_{30}H_{65}O_5Sb = Sb(OC_6H_{13}\text{-}n)_5$	19,5	19,1	1,4	»
$C_{35}H_{75}O_5Sb = Sb(OC_7H_{15}\text{-}n)_5$	17,5	17,6	1,0	»
$C_{40}H_{85}O_5Sb = Sb(OC_8H_{17}\text{-}n)_5$	15,9	15,3	1,2	»

On remarque que les produits obtenus contiennent une quantité notable de Sb III. Le pourcentage en Sb III mesure en fait le degré de décomposition de l'alcoxyde. Nous constatons que malgré la température relativement basse et la durée limitée de l'alcoolyse on ne peut éviter une certaine décomposition, celle-ci prenant plus d'importance à mesure qu'on augmente la longueur du radical de l'alcool. Si les alcoxydes de la série normale, à l'exception du pentaéthoxyantimoine, sont des liquides, ceux qui dérivent d'alcools ramifiés sont des solides. Les termes solides ont pu être obtenus, avec un degré de pureté plus satisfaisant, par recristallisation dans l'alcool correspondant.

La majorité des alcoxydes que nous avons préparés dérivant d'alcools de la série normale, nous nous proposons de poursuivre ce travail en préparant des alcoxydes dérivés d'alcools ramifiés.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) A. MAILLARD, A. DELUZARCHE, J. CL. MAIRE et L. HAVAS, *Bull. Soc. Chim.*, 1962, p. 843.

(2) H. MEERWEIN et TH. BERSIN, *Ann. Chem.*, 476, 1929, p. 129.

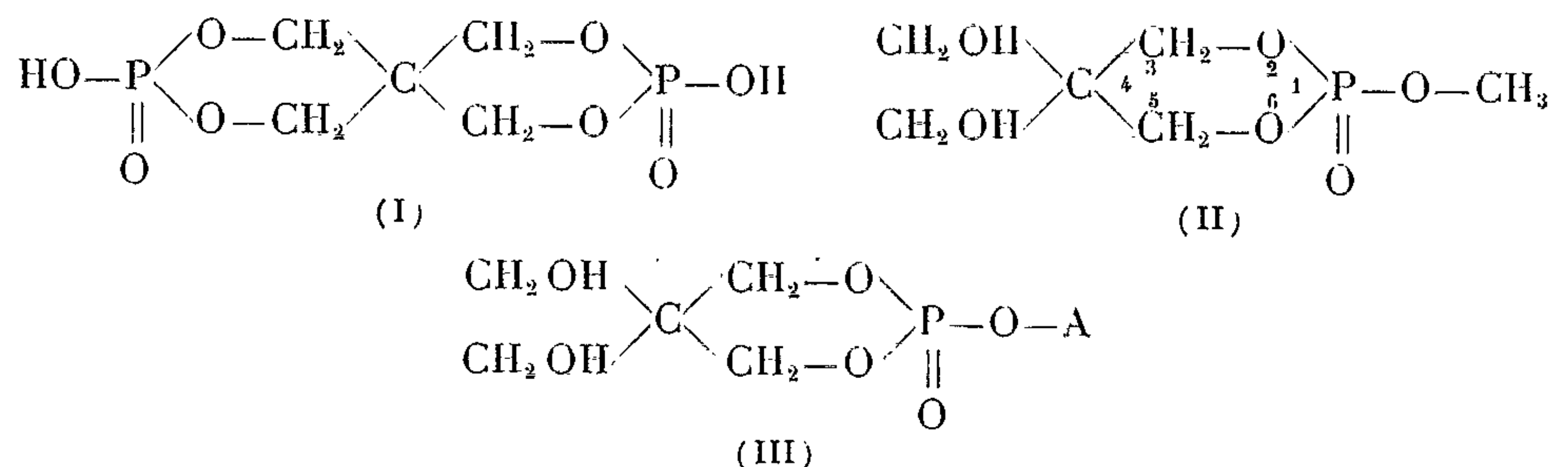
(*Institut de Chimie, Faculté des Sciences, Strasbourg.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques nouveaux dérivés phosphorylés du pentaérythritol.* Note (*) de MM. **Jean Cheymol**, **Pierre Chabrier** et **Nguyen Thanh Thuong**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs décrivent la préparation de nouveaux esters phosphoriques du pentaérythritol.

R. Charonnat, J. V. Harispe et coll. ([1]) ont obtenu l'acide pentaérythrite diphosphorique (I) par action directe de l'oxychlorure de phosphore sur le pentaérythritol.

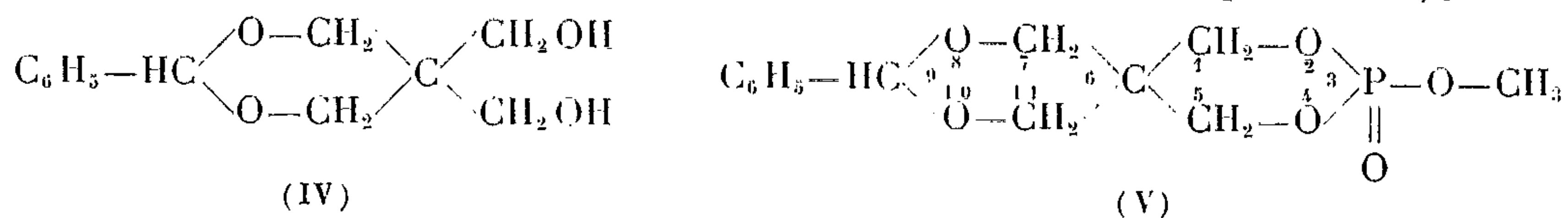
Nous nous sommes proposé de préparer quelques dérivés phosphorylés dissymétriques du pentaérythritol (II) et (III) en vue d'étudier leurs propriétés pharmacodynamiques et biochimiques :



Le composé (II) s'obtient aisément en trois étapes, de la façon suivante :

1. *Phényl*-2 *bis-hydroxyméthyl*-5.5 *dioxanne*-1.3 (IV). — Ce composé résulte de la condensation du benzaldéhyde et du pentaérythritol. La réaction s'effectue à $t = 20°$, en milieu hétérogène et en présence d'acide chlorhydrique. Les rendements s'élèvent à 55 % environ.

2. *Méthoxy*-3 *oxo*-3 *phényl*-9 *phospho*-3 *tétraoxa*-(2.4.8.10) *spiro*-[5.5] *undécane* (V). — Ce composé s'obtient en faisant réagir le dichlorure de l'acide méthylphosphorique sur le composé (IV) en milieu benzénique et en présence de pyridine. Les rendements de la réaction atteignent 55 %.



Le composé (V) est purifié par recristallisation dans un mélange benzène-cyclohexane. C'est un composé cristallisé, fondant à 152°, très peu soluble dans l'eau, soluble dans l'alcool, l'acétone et le benzène.

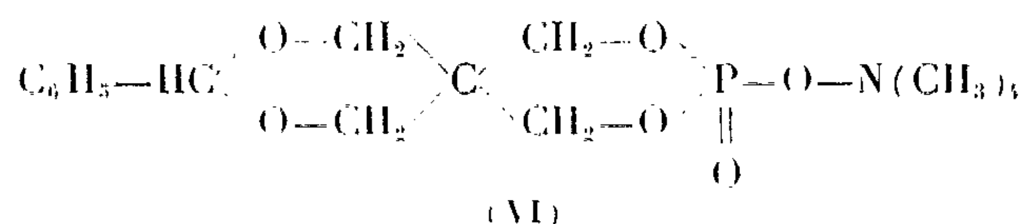
3. *Bis-hydroxyméthyl*-4.4 *méthoxy*-1 *oxo*-1 *dioxa*-2.6 *phosphorinane* (II). — Il résulte de l'hydrolyse du composé (V) en milieu chlorhydrique N/100. L'aldéhyde benzoïque est éliminé au fur et à mesure de sa formation par entraînement à la vapeur d'eau. Après évaporation sous vide du milieu réactionnel, le résidu est purifié par dissolution dans l'alcool absolu d'où

l'on précipite (II) au moyen de l'éther de pétrole. Les rendements atteignent 95 %.

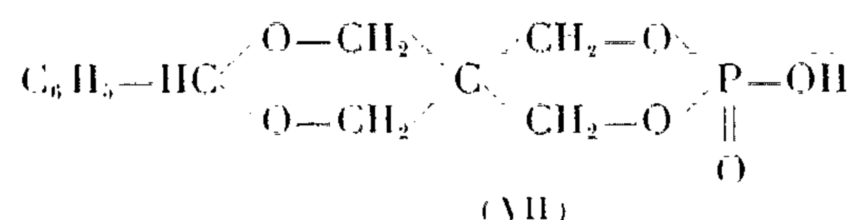
Le composé (II) est un produit cristallisé, neutre, fondant à 118°, soluble dans l'eau et dans la plupart des solvants organiques usuels (alcool, benzène, éther, etc.).

Les composés du type (III) s'obtiennent à partir de (V). Cette dernière substance réagit sur la triméthylamine en milieu acétonique pour conduire au sel de tétraméthylammonium (VI). Nous avons déjà utilisé cette méthode de passage des dérivés trisubstitués de l'acide orthophosphorique aux dérivés disubstitués [(2), (3)]. Dans ce cas particulier, les rendements de la réaction atteignent 95 %.

Le sel de tétraméthylammonium (VI) est un solide hygroscopique fondant vers 312-315°, très soluble dans l'eau et l'alcool, insoluble dans l'acétone, le benzène, l'éther. Les acides forts précipitent le phényl-9 hydroxy-3 oxo-3 phospha-3 tétraoxa-(2.4.8.10) spiro-[5.5] undécane (VII) d'une solution aqueuse de son sel de tétraméthylammonium. Cet acide (VII) fond à 190°. Il se titre exactement par la soude, en milieu hydroalcoolique, en présence de vert de bromocrésol comme indicateur.



(VI)



(VII)

On peut, à partir de cet acide (VII), préparer des sels par simple neutralisation au moyen d'un hydroxyde ou d'une base, mais on peut également obtenir les sels de l'acide (VII) par double décomposition entre le sel de tétraméthylammonium (VI) et un acétate métallique en milieu hydroalcoolique. Cette méthode convient particulièrement à la préparation des sels alcalins et des sels alcalinoterreux, insolubles en milieu hydroalcoolique.

A partir de ces sels, on passe très aisément aux composés (III) par simple hydrolyse du cycle dioxanne, en milieu aqueux, à pH 3, en entraînant à la vapeur d'eau le benzaldéhyde au fur et à mesure de sa formation.

Le diester phosphorique cyclique (III) est relativement stable. Sa solution aqueuse M/20 a un pH de 1,25. On a étudié la réaction d'hydrolyse du diester en monoester à 101°, à pH 1,25. Cette réaction est du premier ordre, sa constante de vitesse $K = 1/t \log C/C$ est $K = 2{,}87.10^{-6}\ s^{-1}$.

(*) Séance du 29 octobre 1962.
(1) R. CHARONNAT, J. V. HARISPE et coll., *Ann. Pharm. Fr.*, 10, 1952, p. 666.
(2) P. CHABRIER et M. SELIM, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2730.
(3) J. CHEYMOL, P. CHABRIER, M. SELIM et P. LEDUC, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 1014.

(*Institut de Pharmacologie, Faculté de Médecine, Paris.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation des aldéhydes avec les oxo-4 tétrahydrofurannes.* Note (*) de MM. **Jean Huet** et **Jacques Dreux**, présentée par M. Marcel Delépine.

En milieu basique les dialcoyl-2.2 oxo-4 tétrahydrofurannes réagissent par leurs groupements méthylènes avec les aldéhydes et conduisent aux dérivés alcoylidènes correspondants dont la structure a été établie.

A la suite des travaux de Colonge et Gaumont [1] sur la condensation du benzaldéhyde avec des dialcoyl-2.2 oxo-4 tétrahydrofurannes (I) nous avons engagé avec ces hétérocycles divers aldéhydes aliphatiques et aromatiques. Les aldéhydes aliphatiques donnent essentiellement des composés du type (II), tandis que les aldéhydes aromatiques donnent, soit des produits de condensation simple (II), soit des produits de condensation double (III).

Le diméthyl-2.2 oxo-4 tétrahydrofuranne (I *a*, $R = R' = CH_3$) et l'éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne (I *b*, $R = CH_3$, $R' = C_2H_5$) ont été préparés suivant la méthode de Colonge et coll. [2] par hydratation et cyclisation des γ-glycols acétyléniques.

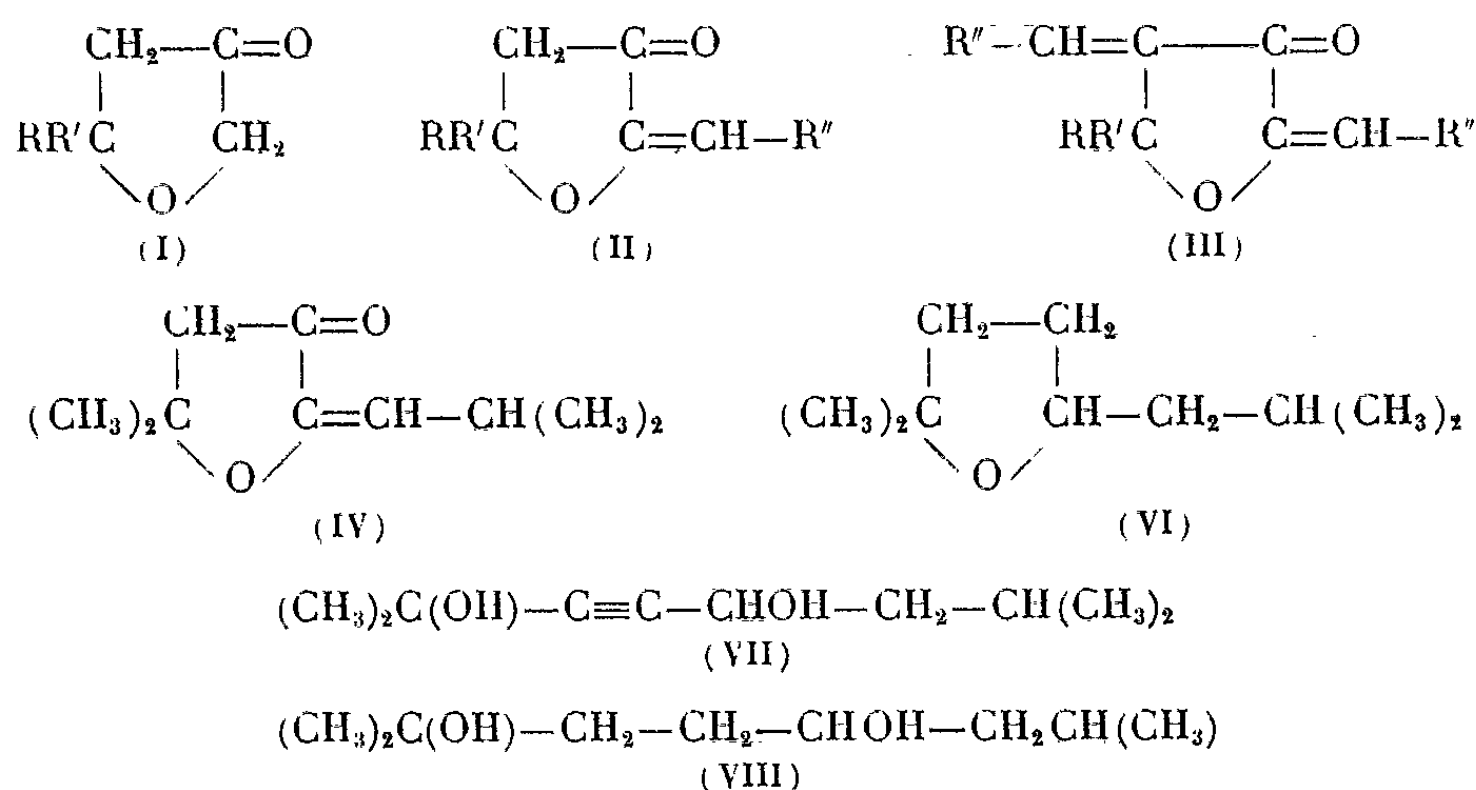
La condensation des aldéhydes sur les dialcoyls-2.2 oxo-4 tétrahydrofurannes est effectuée en milieu hydroalcoolique en présence de potasse ou de soude; la réaction est exothermique; le milieu réactionnel est maintenu à 0° dans le cas des aldéhydes donnant des réactions secondaires trop importantes.

Pour l'éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne (I *b*, $R = CH_3$, $R' = C_2H_5$) les rendements sont indiqués dans le tableau suivant :

Aldéhydes.	Produits de condensation.	Rdt (%).
Éthanal	(II *a*, $R'' = CH_3$)	38
Propanal	(II *b*, $R'' = C_2H_5$)	17
Butanal	(II *c*, $R'' = C_3H_7$)	22
i-butanal	(II *d*, $R'' = i\text{-}C_3H_7$)	35
Heptanal	(II *e*, $R'' = C_6H_{13}$)	32
Citronellal	(II *f*, $R'' = C_9H_{13}$)	49
Furfural	(II *g*, $R'' = C_4H_3O$)	29
Aldéhyde anisique	(II *h*, $R'' = C_7H_7O$)	46
Benzaldéhyde	(III *a*, $R'' = C_6H_5$)	33
Aldéhyde anisique	(III *b*, $R'' = C_7H_7O$)	68
p-phénylbenzaldéhyde	(III *c*, $R'' = C_{12}H_9$)	55
p-diméthylamino-benzaldéhyde	(III *d*, $R'' = C_8H_{10}O$)	51

La structure des produits obtenus a été établie dans le cas de la condensation de l'isobutanal sur le diméthyl-2.2 oxo-4 tétrahydrofuranne (I *a*), en effet, l'isobutylidène-5 diméthyl-2.2 oxo-4 tétrahydrofuranne (IV)

conduit par hydrogénation catalytique à l'isobutyl-5 diméthyl-2.2 oxo-4 tétrahydrofuranne (V) que l'on réduit suivant la méthode de Wolff-Kishner en isobutyl-5 diméthyl-2.2 tétrahydrofuranne (VI), composé qu'on peut atteindre également par cyclodéshydratation en présence de sulfate de cuivre du diméthyl-2.7 octane diol-2.5 (VIII), ce glycol étant obtenu par hydrogénation du diméthyl-2.7 octyne-3 diol-2.5 (VII).



Éthyl-2 éthylidène-5 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_9H_{14}O_2$ (II *a*). — $É_{17}$ 97°; d_4^{25} 0,999; n_D^{25} 1,4678; *semicarbazone*, F 201° (alcool).

Éthyl-2 méthyl-2 propylidène-5 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{10}H_{16}O_2$ (II *b*). — $É_8$ 85°; d_4^{25} 0,988; n_D^{25} 1,4704; *didinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 214° (acétate d'éthyle).

Butylidène-5 éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{11}H_{18}O_2$ (II *c*). — $É_{20}$ 112°; d_4^{25} 0,965; n_D^{25} 1,4622; *disemicarbazone*, F 231-232° (alcool).

Isobutylidène-5 éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{11}H_{18}O_2$ (II *d*). — $É_{11}$ 102-103°; d_4^{25} 0,974; n_D^{25} 1,4658; *disemicarbazone*, F 135-136° (alcool); *didinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 278° (acétate d'éthyle).

Éthyl-2 heptylidène-5 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{14}H_{24}O_2$ (II *c*). — $É_5$ 131°; d_4^{25} 0,975; n_D^{25} 1,4702.

Éthyl-2 méthyl-2 (diméthyl-3.7 octène-6 idène)-5 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{17}H_{28}O_2$ (II *f*). — $É_{0,4}$ 124°; d_4^{25} 0,954; n_D^{25} 1,4830; *disemicarbazone*, F 204° (alcool).

Éthyl-2 furfurylidène-5 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{12}H_{14}O_3$ (II *g*). — $É_{0,7}$ 112-114°; d_4^{25} 1,123; n_D^{25} 1,5786; *semicarbazone*, F 208-209° (alcool).

p-méthoxybenzylidène-5 éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{15}H_{18}O_3$ (II *h*). — $É_{0,2}$ 150°; d_4^{25} 1,110; n_D^{25} 1,6078.

Dibenzylidène-3.5 éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{21}H_{20}O_2$ (III *a*). — F 112° (alcool).

Di-(p-méthoxybenzylidène)-3.5 éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{23}H_{24}O_4$ (III *b*). — F 139° (alcool).

Di-(p-phénylbenzylidène)-3.5 éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{33}H_{28}O_2$ (III *c*). — F 203° (benzène-éther de pétrole).

Di-(p-diméthylaminobenzylidène)-3.5 éthyl-2 méthyl-2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{25}H_{30}O_2N_2$ (III *d*). — F 256-257° (chloroforme).

Isobutylidène-5 diméthyl-2.2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{10}H_{16}O_2$ (IV). — $É_{18}$ 94°; d_4^{25} 0,952; n_D^{25} 1,4530; *didinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 272-273° (acétate d'éthyle).

Isobutyl-5 diméthyl-2.2 oxo-4 tétrahydrofuranne $C_{10}H_{18}O_2$ (V). — $É_{14}$ 77°; d_4^{25} 0,916; n_D^{25} 1,4294; *didinitro-2.4 phénylhydrazone*, F 107° (alcool).

Isobutyl-5 diméthyl-2.2 tétrahydrofuranne $C_{10}H_{20}O$ (VI). — $É_{22}$ 60°; d_4^{25} 0,854; n_D^{25} 1,4234.

Diméthyl-2.7 octyne-3 diol-2.5 $C_{10}H_{18}O_2$ (VII). — $É_2$ 105°; n_D^{25} 1,4580; *diester p-nitrobenzoïque*, F 135° (alcool).

Diméthyl-2.7 octane diol-2.5 $C_{10}H_{22}O_2$ (VIII). — $É_{1,5}$ 105°; n_D^{25} 1,4504; *diester p-nitrobenzoïque*, F 96° (alcool).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) J. Colonge et R. Gaumont, *Bull. Soc. Chim.*, 1959, p. 939.

(2) J. Colonge, R. Falcotet et R. Gaumont, *Bull. Soc. Chim.*, 1958, p. 211.

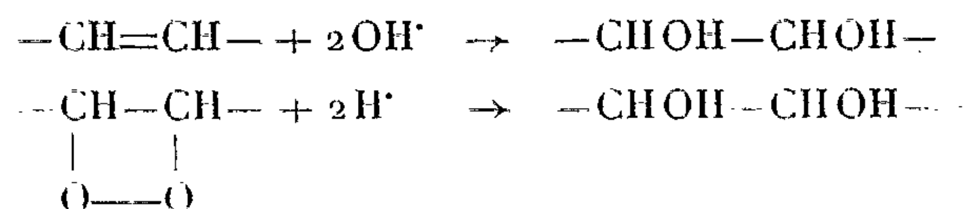
(*Faculté des Sciences, Institut de Chimie*, 93, *rue Pasteur Lyon*, 7e.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un mécanisme de formation de l'acide érythro*-9.10 *dihydroxystéarique à partir des produits d'autoxydation de l'acide oléique.* Note (*) de M. **Maurice Loury**, présentée par M. Georges Champetier.

A la suite d'expériences que nous avons réalisées sur l'autoxydation de l'acide oléique sur support dispersé, nous avons obtenu régulièrement de l'acide érythro-9.10 dihydroxystéarique F 132° avec une petite quantité de son isomère stéréochimique : l'acide thréo-9.10 dihydroxystéarique F 95° (1).

La présence du premier isomère a déjà été signalée par plusieurs auteurs (2), mais nous avons remarqué que cet acide n'apparaît nettement qu'après avoir soumis le produit brut de la réaction à une hydrolyse acide ou alcaline.

Aucune des nombreuses hypothèses émises concernant sa formation ne nous a paru entièrement satisfaisante (3). Il faut tout d'abord rejeter celles qui admettent la fixation directe de radicaux libres OH sur la double liaison ou de radicaux H sur l'épidioxyde, car il en résulterait l'obtention *directe* des acides dihydroxystéariques sans qu'il soit nécessaire de faire subir au produit un traitement hydrolysant :



$$-CH{=}CH- + 2OH^{\cdot} \rightarrow -CHOH-CHOH-$$

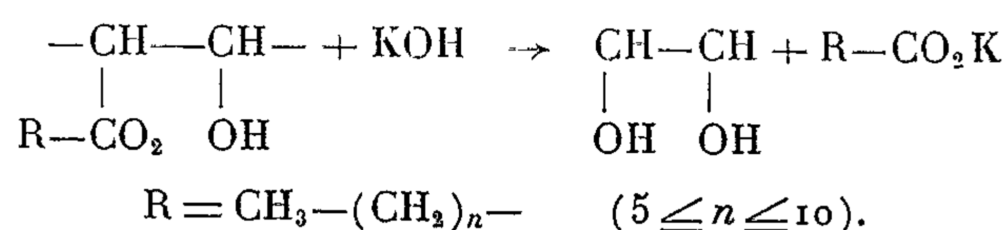
$$\begin{array}{l}-CH-CH- + 2H^{\cdot} \rightarrow -CHOH-CHOH-\\ \;\;\,|\;\;\;\;\;\;\,|\\ \;\;\,O\!-\!\!-\!O\end{array}$$

D'autre part, la facilité d'hydrolyse du précurseur de ces acides en milieu alcalin rend peu plausible l'existence intermédiaire d'un dérivé époxydé.

De plus, nous avons soumis à l'analyse par chromatographie en phase gazeuse, la fraction insoluble dans l'éther de pétrole du produit brut de l'autoxydation de l'acide oléique et nous n'avons trouvé aucun constituant volatil, même pour des températures de l'ordre de 250°, tandis qu'après hydrolyse alcaline et distillation sous vide de la partie des acides gras insolubles dans l'eau, nous avons constaté que la fraction de tête présente, dans sa composition, pour plus de 80 % d'acides aliphatiques de poids moléculaire moyen en C_7, C_9, C_{10} et C_{11} avec près de 15 % d'acides en C_{12} et C_{14}. Ces chaînes ont donc pris naissance au cours de l'autoxydation, mais ne sont apparues qu'après traitement alcalin et il faut admettre qu'elles sont engagées dans une combinaison assez facilement hydrolysable.

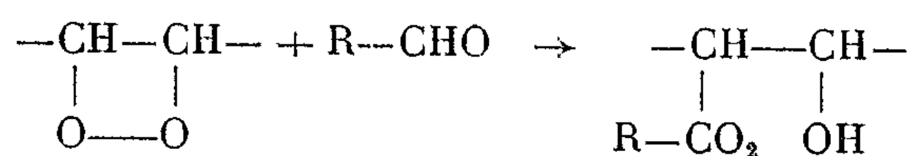
La présence de telles chaînes n'est pas surprenante puisqu'on sait qu'elles résultent normalement de la scission des peroxydes formés dans les premiers stades de l'autoxydation (4).

On peut supposer que le précurseur de l'acide érythro-9.10 dihydroxystéarique, se présente sous la forme d'un semi-ester ([5]), car cette structure rend en effet parfaitement compte du fait que le dérivé dihydroxylé apparaît facilement après hydrolyse alcaline :

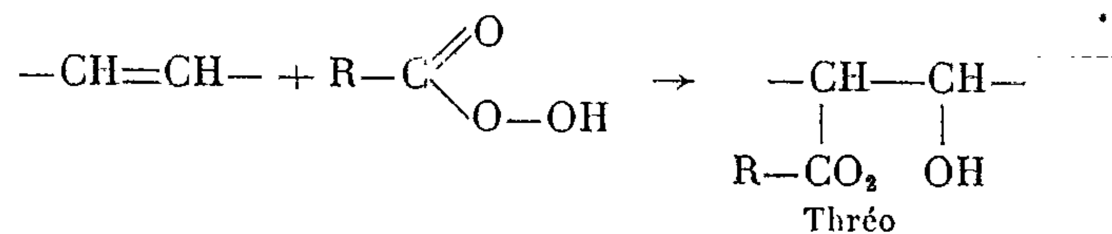


On peut alors envisager deux mécanismes possibles pour expliquer la formation de ces semi-esters :

1° soit une captation des aldéhydes de scission par les peroxydes cycliques, par exemple par l'épidioxyde :

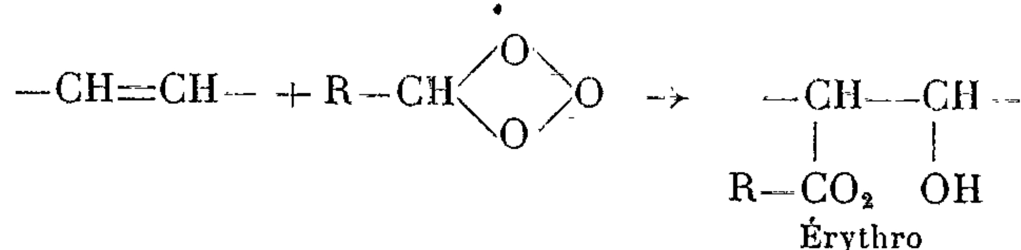


2° soit la fixation sur les doubles liaisons d'un peroxyde d'aldéhyde formé par autoxydation ultérieure et qui pourrait être le peracide :



Cependant les réactions d'époxydation réalisées par les peracides sur l'acide oléique conduisent en règle générale à l'isomère thréo.

E. Raymond a montré par exemple qu'en autoxydant l'acide oléïque en présence de benzaldéhyde on obtient effectivement cet isomère ([6]) Par contre, de notre côté, nous venons de voir que nous obtenons surtout l'isomère érythro alors que l'addition « trans » du peracide qu'on peut supposer formé intermédiairement, devrait conduire à l'isomère thréo. La première hypothèse donnerait une preuve expérimentale de la peroxydation directe de la double liaison de l'acide oléique : les peroxydes formés ayant surtout la structure « trans ». On peut aussi supposer que certains peracides aliphatiques peuvent former de préférence l'isomère érythro ([7]). Une autre hypothèse serait d'admettre que les premiers termes d'autoxydation des aldéhydes formés *in situ* présentent une structure différente de celle des peracides, par exemple celle d'un moloxyde ([8]) et soient susceptibles de produire des additions « cis » sur la double liaison de l'acide oléique en conduisant ainsi à l'isomère érythro :



(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) M. LOURY et G. LECHARTIER, *Rev. franç. Corps Gras*, 8, 1961, p. 571.

(2) J. H. SKELLON, J. *Soc. Chem. Ind.*, 1931, p. 382 et 1948, p. 343; D. SWERN et al., *J. Amer. Chem. Soc.*, 67, 1945, p. 1132; T. P. HILDITCH et al., *J. Chem. Soc.*, 1944, p. 105 et 1945 p. 836.

(3) M. LOURY, *Rev. franç. Corps Gras*, 9, 1962, p. 481.

(4) M. LOURY, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1643.

(5) F. E. DEATHERAGE et H. A. MATILL, *Ind. Eng. Chem.*, 31, 1939, p. 1425.

(6) E. RAYMOND, *J. Chim. Phys.*, 28, 1931, p. 480.

(7) D. LEFORT et J. SORBA, *Bull. Soc. Chim.*, 1959, p. 606.

(8) E. BRINER, PH. DE CHASTONAY et H. PAILLARD, *Helv. Chim. Acta*, 37, 1945, p. 345.

(Institut d'Études et Recherches sur les Corps gras,
5, boulevard de Latour-Maubourg, Paris, 7e.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle technique de synthèse de lignanes dérivés de la phényl-1 tétraline.* Note (*) de M. **Samuel Adjangba**, Mlle **Denise Billet** et M. **Charles Mentzer**, présentée par M. Roger Heim.

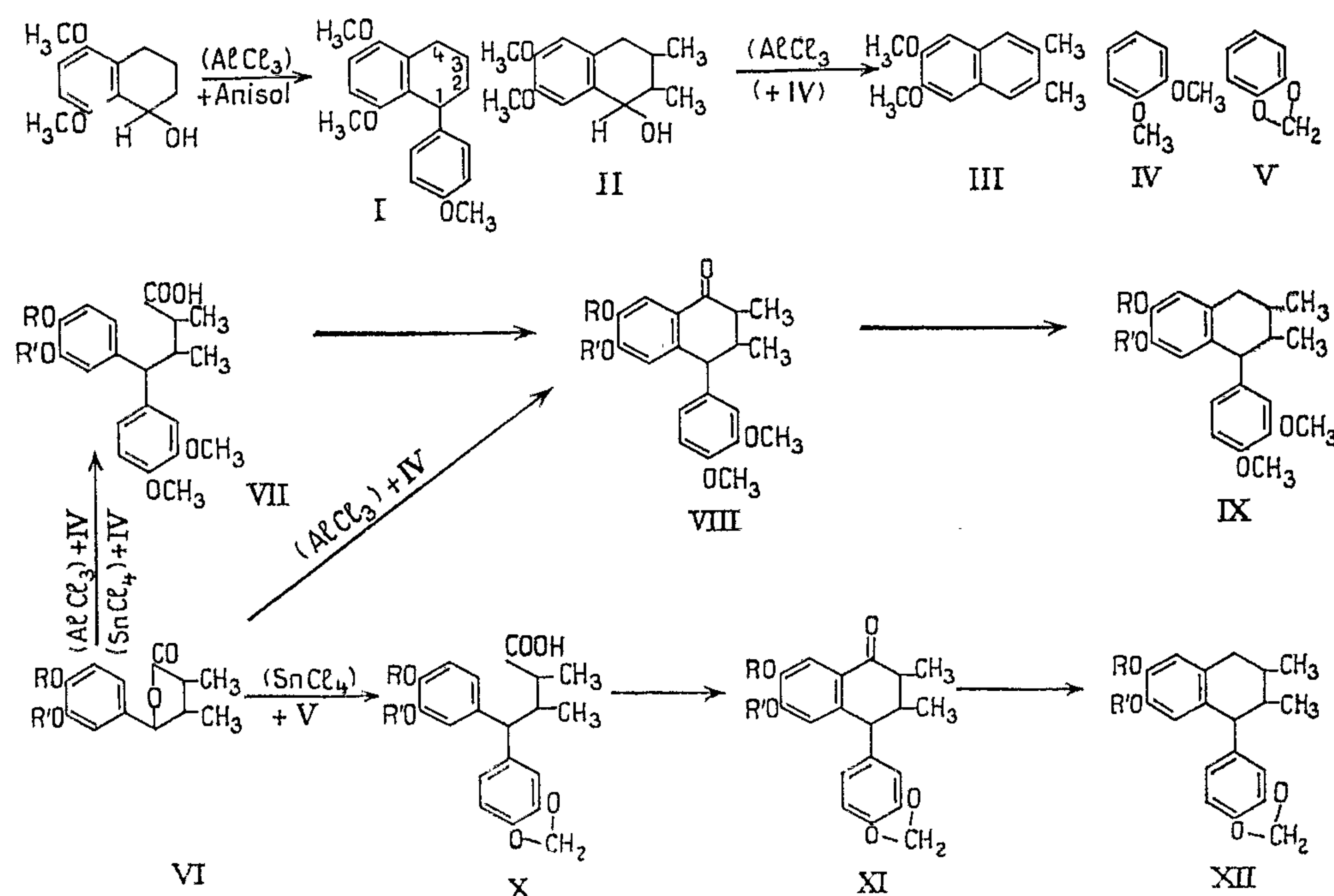
La technique préconisée s'applique plus particulièrement à la synthèse de lignanes comportant dans leur molécule des groupements « méthylène-dioxy » sensibles aux catalyseurs acides. Elle consiste à faire réagir un éther phénolique sur une lactone du type (VI) en présence de chlorure stannique, et à transformer l'acide obtenu en lignane (IX : RR′ = CH_2) par des procédés connus.

Dans le cadre de nos travaux sur les cyclolignanes [1], nous avons été amenés à rechercher un mode de préparation de la « galcatine » (IX : R R′ = CH_2) [2], composé difficilement accessible, et dont la synthèse n'avait pas été jusqu'ici décrite dans la littérature. Les méthodes générales utilisables dans ce but sont encore peu nombreuses. Nous avons tout d'abord essayé de faire réagir un éther phénolique sur un tétralol en présence de chlorure d'aluminium, selon un procédé mentionné pour la première fois par deux d'entre nous [3], et récemment appliqué à l'obtention de l'anisyl-1 diméthoxy 5-8-tétraline (I). L'extension de ce mode de condensation au cas particulier des cyclolignanes naturels n'a pas abouti au résultat escompté, car le tétralol (II) mis en œuvre s'est tout d'abord déshydraté sous l'effet du catalyseur acide, puis déshydrogéné en méthyl-pyroguaïacine (III) qui a pu être ainsi isolée à l'état pur. Une seconde méthode, préconisée par Müller et Vajda [4] à propos de la synthèse de la galbuline (IX : R = R′ = CH_3), consiste à faire réagir l'éther phénolique, en l'occurrence (IV), non sur un tétralol, mais sur une lactone du type (VI), en présence de chlorure d'aluminium également. L'acide (VII) résultant d'une telle condensation est cyclisé en une tétralone (VIII : R = R′ = CH_3) qui, après réduction, aboutit à une forme racémique probablement stéréoisomère du lignane naturel (IX : R = R′ = CH_3). Malheureusement, ce procédé ne nous a pas non plus donné satisfaction quant à la synthèse de la galcatine, en raison de la fragilité, bien connue d'ailleurs, [5] du méthylène dioxy-benzène (V) vis-à-vis du chlorure d'aluminium.

Nous avons cependant trouvé qu'en catalysant cette condensation au moyen de chlorure stannique [6] dont l'action, plus ménagée que celle du chlorure d'aluminium, évite la résinification du milieu réactionnel, un racémique ayant la structure de la galcatine (IX : RR′ = CH_2) peut être obtenu dans de bonnes conditions. Le spectre infrarouge de ce racémique est pratiquement superposable à celui du lignane naturel, mais l'identité stérique des deux composés reste à prouver par d'autres méthodes. Une telle technique, que nous avons également appliquée à la synthèse de l'isogalcatine (XII : R = R′ = CH_3) pourra probablement être généralisée

à l'élaboration d'autres lignanes comportant des groupements fonctionnels sensibles aux réactifs acides.

Partie expérimentale [7]. — *Anisyl-1 diméthoxy-5.8 tétraline* $C_{19}H_{22}O_3$ (I). — La diméthoxy-5.8 tétralone-1 préparée selon J. Coillard et C. Mentzer [8] est réduite par l'isopropylate d'aluminium conformément à la méthode générale de Ponndorf-Meerwein-Verley [9]. Le tétralol obtenu fond à 53-54° [10] (calculé %, C 69,21; H 7,74; trouvé %, C 69,63; H 7,93).



1 g de ce tétralol est traité par 1,5 g d'anisol en présence de 0,6 g de $AlCl_3$ anhydre pendant 48 h à 20°. Après décomposition par HCl glacé, extraction à l'éther et chromatographie sur alumine, le produit formé, recristallisé dans le mélange benzène-méthanol, fond à 108-109°; calculé %, C 76,48; H 7,43; trouvé %, C 76,76; H 7,66. Le spectre infrarouge présente la bande arylméthoxy à 1 250 cm^{-1} et les bandes méthoxy à 1 180 cm^{-1}, 1 125 et 1 030 cm^{-1}.

Diméthyl-2.3 diméthoxy-6.7 tétralol-1 $C_{14}H_{20}O_3$ (II). — La diméthyl-2.3 diméthoxy-6.7 tétralone obtenue selon Haworth [11] est également réduite par l'isopropylate d'aluminium [9]. Le produit est obtenu sous deux formes (F 90 et 62°) qui ont la même analyse et la même réactivité. Calculé %, C 71,16; H 8,53; trouvé %, C 71,30; H 8,67.

Méthylpyroguaïacine $C_{14}H_{16}O_2$ (III). — A été obtenue en essayant de condenser le vératrol avec le tétralol (II) selon [3b]. F 151-152° (litt. : 149-150° [[9], [13]]. Calculé %, C 77,75; H % 7,46; trouvé %, C 77,51; H 7,42. F du picrate : 145-146°. Litt. : 130-131° [[11], [14]].

Vératryl-1 diméthyl-2.3 dioxyméthylène-6.7 tétraline (galcatine) $C_{21}H_{24}O_4$ (IX). — La lactone (VI) (R R′ = CH_2), préparée selon une technique déjà décrite (2) est dissoute dans le chlorure de méthylène et traitée par le chlorure stannique à la température ambiante pendant 24 h. L'acide (VII) formé est cyclisé en tétraline (VIII) qui est réduite en (IX) par des méthodes connues (3). F 136-137°. Calculé %, C 74,09; H 7,11; trouvé %, C 73,92; H 7,28.

(Méthylène dioxy-3.4) phényl-1, diméthyl-2.3 diméthoxy-6.7 tétraline (Isogalcatine) $C_{21}H_{24}O_4$ (XII). — La même suite de réactions appliquée à la condensation de (V) avec (VI) (R = R′ = CH_3) aboutit à un composé fondant à 137-138°. Calculé %, C 74,09; H 7,11; trouvé %, C 73,67; H 7,38.

(*) Séance du 22 octobre 1962.

(1) Ces travaux font l'objet de la Thèse de l'un d'entre nous (S. A.).

(2) S. M. ADJANGBA et D. BILLET, *Bull. Soc. Chim*, octobre 1962 (sous presse).

(3) *a.* C. MENTZER, DAT-XUONG et D. MOLHO, *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 263-268; *b.* C. MENTZER et D. BILLET, *Bull. Soc. Chim.*, 1948, p. 835.

(4) A. MÜLLER et M. VAJDA, *J. Org. Chem.*, 17, 1952, p. 800.

(5) *a.* D. C. AYRES et R. C. DENNEY, *J. Chem. Soc.*, 1961, p. 4506; *b.* W. J. GENSLER et J. E. STOUFFER, *J. Org. Chem.*, 23, 1958, p. 909.

(6) W. J. GENSLER, C. M. SAMOUR, S. Y. WANG et F. JOHNSON, *J. Amer. Chem. Soc.*, 82, 1960, p. 1714.

(7) Les points de fusion (instantanés) mesurés au bloc Maquenne n'ont pas été corrigés.

(8) J. COILLARD et C. MENTZER, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 20, 1953, p. 168-172.

(9) A. L. WILDS, *Org. Reactions* (éd. by R. Adams), 11, p. 178, Publ. John Wiley and Sons, Inc. New-York.

(10) Ce tétralol avait été déjà décrit précédemment (8), mais n'avait pas pu être obtenu sous forme cristallisée à l'époque.

(11) R. D. HAWORTH et C. R. MAVIN, *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 1125, 1485-1488.

(12) *a.* C. A. BISHOFF et E. VOIT, *Ber.*, 23, 1890, p. 631 et *Ann. Chem. Pharm.*, 214, p. 44; *b.* BONE et PERKIN, *J. Chem. Soc.*, 69, 1896.

(13) *a.* L. J. BELLAMY, *The Infrared Spectra of Complex Molecules*, Methuen and Co London, 1958, p. 41, 51-52 et 71-74, 85, chap. 5, etc.; *b.* H. LINDSAY et coll., *Anal. Chem.*, 29, 1957, p. 904-911; *c.* RUZICKA, JEGER et coll., *Helv. Chim. Acta*, 33, 1950, p. 672, 711 et 1050.

(14) G. SCHROETER et coll., *Ber.*, 51, 1918, p. 1587-1613.

(15) M. G. DARZENS, *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 707.

(Laboratoire de Chimie, Muséum d'Histoire naturelle, 63, rue de Buffon, Paris, 5e.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Décomposition pyrogénée du tétrachlorure de carbone en l'absence d'oxygène et à 650°.* Note (*) de M. **Georges Le Moan**, présentée par M. René Fabre.

La décomposition pyrogénée du tétrachlorure de carbone en l'absence d'oxygène et à 650° produit essentiellement du chlore, de l'hexachloréthane et une petite quantité de dichloracétylène. La production de radicaux libres permet d'expliquer la formation de ces corps.

Dans une Note précédente (2), nous avons étudié la pyrolyse du chloroforme en l'absence d'oxygène. Dans la présente Note, nous exposons les résultats que nous avons obtenus en pyrolysant le tétrachlorure de carbone dans des conditions opératoires analogues. Nous avons pu ainsi préciser, en mettant à profit les progrès techniques considérables réalisés ces dernières années, les expériences réalisées antérieurement par Faraday (1), Regnault [(4), (5)], Löb (3), Schäll (6), Weiser et Wightman (7) dans des conditions techniques souvent différentes.

Nous avons réalisé les pyrolyses en faisant circuler les vapeurs de tétrachlorure de carbone dans un tube de quartz où nous avons préalablement fait un vide de l'ordre de 10^{-1} à 10^{-2} mm de mercure et traversant un four électrique tubulaire à une température constante, pendant une durée déterminée à l'aide d'un régulateur de température électronique à transistor. L'adjonction à cet appareil d'une résistance complémentaire, nous a permis d'obtenir des températures de 0 à 800° avec une bonne précision (+ 10°, — 15° entre 600 à 800°).

Pour faire circuler les vapeurs dans la partie chauffée, nous avons utilisé deux gros tubes placés symétriquement de chaque côté du tube de quartz traversant le four, l'un d'entre eux étant relié à une trompe à mercure pour réaliser le vide dans l'appareil. Alternativement, nous avons chauffé par de l'eau tiède puis refroidi par le mélange acétone-neige carbonique, chaque tube qui jouait ainsi une fois sur deux le rôle de condenseur. Suivant la nature des expériences réalisées, nous avons disposé dans le circuit de l'appareil divers dispositifs contenant des réactifs destinés à capter certains produits formés et en particulier le chlore (pièges contenant du mercure, de l'étain).

En fin d'expérience, nous avons capté la phase gazeuse à l'aide de la trompe à mercure et recueilli soigneusement les phases solide et liquide après ouverture de l'appareil.

Nous avons pu ainsi constater les faits suivants :

1° La décomposition pyrogénée du tétrachlorure de carbone débute à 570-580°, ce qui se traduit par une variation de pression décelable au manomètre à mercure, le dépôt instantané, dès la sortie du four, de cristaux blancs, le dégagement de chlore attaquant le mercure contenu dans les

pièges. Elle est plus rapide en élevant la température; ce qui nous a conduit à réaliser toutes nos expériences à 650°.

2° Dans nos premières expériences, nous avons noté la libération d'une quantité relativement importante d'acide chlorhydrique. Après diverses recherches, nous avons pu déceler par chromatographie en phase gazeuse, dans le tétrachlorure de carbone utilisé et pourtant soigneusement rectifié, de petites quantités de trichloréthylène responsable de la libération de ce gaz. Pour éliminer cette impureté gênante, nous avons eu l'idée de soumettre le tétrachlorure de carbone à une pyrolyse rapide à 650° dans notre appareil. Par rectification du tétrachlorure de carbone ayant échappé à la pyrolyse, nous avons obtenu un produit pur, exempt de trichloréthylène.

3° L'examen spectrographique infrarouge nous a permis de caractériser dans la phase gazeuse, à côté de vapeurs de tétrachlorure de carbone résiduelles, de petites quantités de dichloracétylène. La présence de ce composé se traduisait d'ailleurs à l'ouverture de l'appareil par la formation d'abondantes fumées blanches au contact de l'air, fait qui ne se produisait pas dans les premières expériences où il se dégageait de l'acide chlorhydrique.

4° Il ne restait que fort peu de phase liquide à la fin de l'expérience. La spectrographie infrarouge, la chromatographie en phase gazeuse nous ont encore permis de caractériser, à côté du tétrachlorure de carbone, la présence de dichloracétylène.

5° La phase solide s'est révélée uniquement constituée par de l'hexachloréthane pratiquement pur caractérisé par son point de fusion (187°), par son spectre infrarouge et, après dissolution dans le tétrachlorure de carbone, par chromatographie en phase gazeuse.

6° Nous n'avons jamais caractérisé dans la phase gazeuse et dans la phase liquide la présence de tétrachloréthylène.

Cette absence de tétrachloréthylène dans nos conditions opératoires nous a extrêmement surpris. Pour préparer ces composé, Faraday [1] a en effet utilisé la pyrolyse du CCl_4 et il apparaît à la lecture des travaux des différents auteurs que la quantité formée augmente avec la température. C'est ainsi que Regnault [5] a signalé qu'au-dessous du rouge, on obtient surtout de l'hexachloréthane, au rouge brillant, du tétrachloréthylène, et à une température supérieure, un peu d'hexachlorobenzène. De même Weiser et Wightman [7] ont obtenu un rendement en tétrachloréthylène de 43 % à 900-1 000° et de 80 % à 1 300-1 400°. Löb [3], confirmant l'hypothèse de Regnault, a indiqué que la composition pyrogénée du CCl_4 conduit dans un premier temps à la formation du tétrachloréthylène par les réactions suivantes :



$$2\,CCl_4 \rightarrow 2\,CCl_2 + 2\,Cl_2 \rightarrow C_2Cl_4 + 2\,Cl_2.$$

Le tétrachloréthylène réagit alors avec le chlore pour donner de l'hexachloréthane ou bien, à plus haute température, se décompose en chlore et hexachlorobenzène (en passant, suppose l'auteur, par la formation hypothétique de dichloracétylène).

La formation instantanée d'hexachloréthane à la sortie du four et surtout l'absence de tétrachloréthylène, alors que le chlore libéré était fixé par les pièges intercalés dans l'appareil et ne pouvait donc plus se recombiner avec la totalité de ce corps, nous a conduit à expliquer différemment les faits constatés. Nous pensons que la pyrolyse à 650° du tétrachlorure de carbone conduit dans un premier temps, par perte de chlore, à la formation de radicaux libres, surtout $CCl_3\cdot$ et accessoirement $CCl_2\cdot$ et $CCl\cdot$. Nous expliquons donc la présence constatée de l'hexachloréthane et du dichloracétylène par la condensation respectivement de deux radicaux $CCl_3\cdot$ et de deux radicaux $CCl\cdot$. Il semble également logique d'envisager la formation de petites quantités de radicaux $CCl_2\cdot$, se combinant instantanément en tétrachloréthylène mais il suffit de traces de chlore non encore fixé par les pièges pour transformer ce corps, dès la température de laboratoire, ainsi que nous avons pu le constater, en hexachloréthane, ce qui explique que nous n'ayons pu déceler sa présence.

Dans un deuxième temps, et en quantité croissante avec la température, l'hexachloréthane se décompose en chlore et tétrachloréthylène. Le tétrachloréthylène peut lui-même, à partir de 700°, ainsi que nous l'avons déjà signalé (²), se décomposer en hexachloréthane et hexachlorobenzène. La formation de ce dernier corps peut donc s'expliquer à haute température par cette réaction et aussi par la condensation du dichloracétylène.

En conclusion, la décomposition pyrogénée du tétrachlorure de carbone, en l'absence d'oxygène et à 650°, produit essentiellement du chlore, de l'hexachloréthane et une petite quantité de dichloracétylène. L'hexachloréthane et le dichloracétylène formés proviennent essentiellement de la libération de radicaux libres, respectivement $CCl_3\cdot$ et $CCl\cdot$.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(¹) M. FARADAY, *Trans. Roy. Soc.*, 1821, p. 47.
(²) G. LE MOAN, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2602.
(³) W. LÖB, *Z. Electrochemie*, 7, 1901, p. 903.
(⁴) H. REGNAULT, *Ann. Chim. Phys.*, 70, 1839, p. 107.
(⁵) H. REGNAULT, *Ann. Chim. Phys.*, 71, 1839, p. 385.
(⁶) C. SCHÄLL, *Chem. Abstracts*, 4, 1910, p. 2276.
(⁷) H. B. WEISER et F. E. WIGHTMAN, *J. Phys. Chem.*, 23, 1919, p. 415.

(*Laboratoire des Gaz du C. N. R. S.* et *Laboratoire de Toxicologie de la Faculté de Pharmacie de Paris.*)

MINÉRALOGIE. — *Reproduction en laboratoire du phénomène naturel de formation d'aiguilles de glace à la surface de sols nus et humides.* Note (*) de M. **Roger Serpolay** et M[lle] **Marie-Josèphe Toye**, présentée par M. Jean Wyart.

1. Au cours d'un séjour effectué le printemps dernier sur le plateau de Lannemezan, l'un de nous a pu observer des formations d'aiguilles de glace verticales sur la surface d'un sol nu que d'abondantes précipitations avaient détrempé les jours précédents. Ces aiguilles s'étaient développées par une nuit claire et calme (température minimale mesurée à 1,5 m au-dessus du sol : — 4°C). Leur hauteur pouvait atteindre 6 cm et leur extrémité supérieure était en général coiffée de fragments de sol. D'une épaisseur de l'ordre de grandeur du millimètre à leur partie supérieure, elles allaient s'amincissant vers le sol, apparemment non gelé, sur lequel elles reposaient. Le plus fréquemment, ces aiguilles se présentaient groupées et maintenues liées entre elles par le sommet.

De plus substantielles descriptions de ce phénomène peuvent être retrouvées dans la littérature scientifique du siècle dernier ([1]) et du début de notre siècle ([2]). Une étude assez complète en a même été réalisée sur le terrain par H. Fukuda ([3]).

2. Cette formation de glace nous ayant semblé apparaître dans des conditions relativement simples, nous avons tenté de la reproduire systématiquement au laboratoire. Nous y sommes parvenus à l'aide du dispositif ci-après (*fig.* 1).

Une boîte en bois (30 × 15 × 25 ml) ouverte à sa partie supérieure, protégée extérieurement par un isolant thermique et tapissée intérieurement d'un revêtement imperméable, est remplie de terre jusqu'à quelques centimètres du bord supérieur. Dans cette masse de terre, à une profondeur déterminée, sont enterrées une plaque chauffante et, au-dessus de celle-ci, une bougie de filtre pouvant être alimentée en eau de façon continue. Afin de repérer les températures à différents niveaux aussi bien à l'intérieur de la masse de terre que dans l'air immédiatement au-dessus, nous y avons convenablement placé, à moitié enterrée, une sonde verticale le long de laquelle ont été fixées des soudures appartenant à des couples thermoélectriques. Ce dispositif est introduit dans un conservateur frigorifique où la température peut descendre jusqu'à — 10°C et au-dessous, si nécessaire. Dans ces conditions, le chauffage de la masse de terre, réglable à volonté, a pour but de s'opposer à l'établissement d'un gradient d'inversion entre la plaque chauffante et la surface du sol et permet en quelque sorte de modifier le niveau de la surface isotherme 0°C par rapport à la surface du sol. L'alimentation en eau au moyen de la bougie de filtre

a pour but de compenser les pertes en eau de la partie de terre à la surface de laquelle se produisent des phénomènes de croissance de glace.

Avec un tel appareillage il est possible d'observer la formation et la croissance d'aiguilles de glace qui ont exactement le même aspect et le même comportement que celles décrites en tête de cette Note.

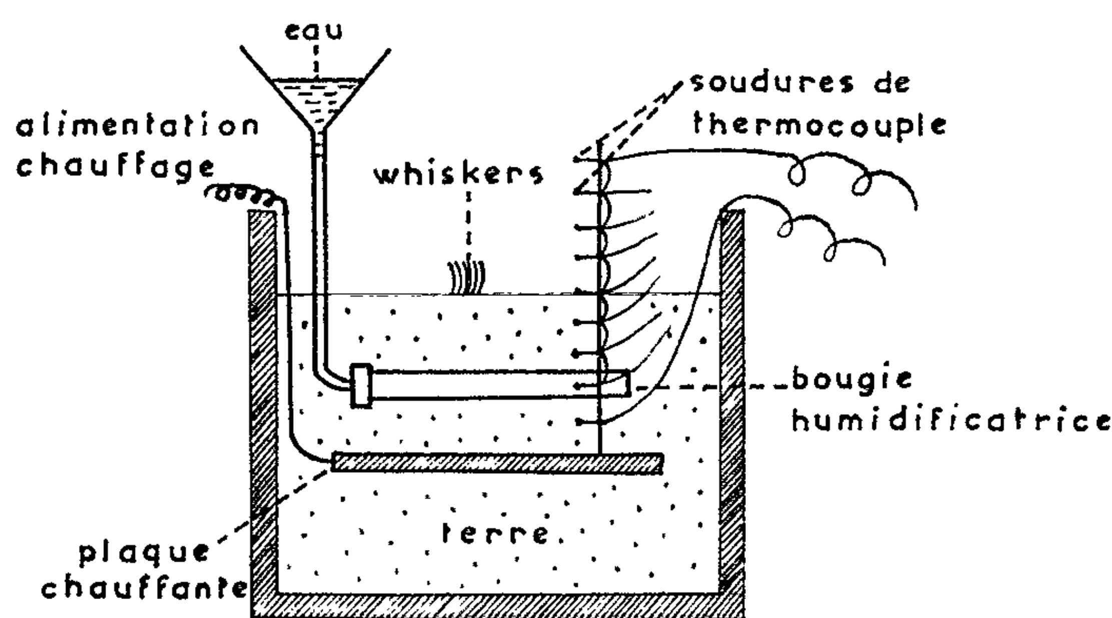


Fig. 1.

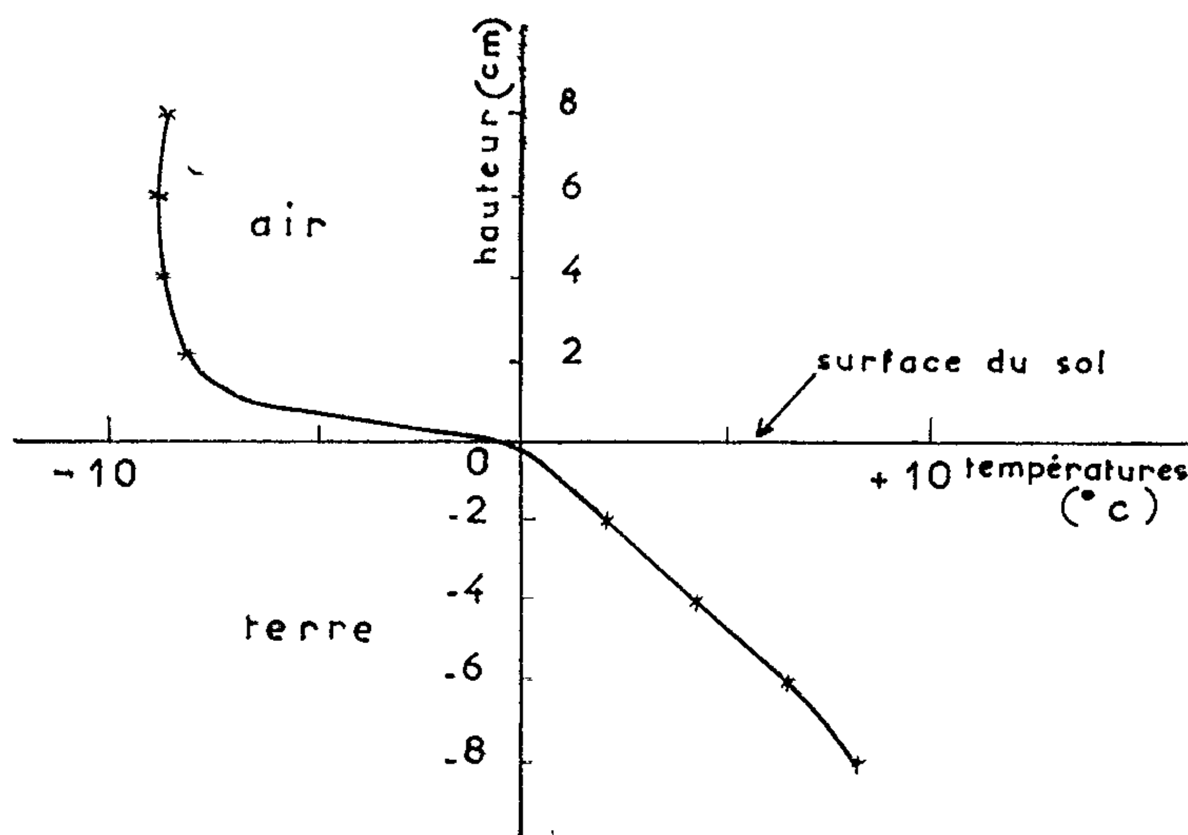


Fig. 2.

3. L'examen du profil des températures relevées pendant le développement du phénomène permet de préciser que la température du sol au moment de la formation des aiguilles est très proche de 0°C (*fig.* 2) et de confirmer que cette croissance a lieu sur un sol non gelé. La figure 3 montre un spécimen d'ensemble d'aiguilles de glace ainsi obtenues.

Lorsque, par suite d'un refroidissement plus intense, la surface isotherme 0°C est maintenue au-dessous de la surface du sol, il se forme une croûte de terre gelée qui est ensuite soulevée en bloc par la croissance des aiguilles de glace sous-jacentes. Nous avons retrouvé là un phénomène naturel déjà décrit par B. Högbom [2] et analysé par H. Fukuda [3] puis S. Henin et O. Robichet [4].

M. Roger Serpolay
et Mlle Marie-Josèphe Toye.

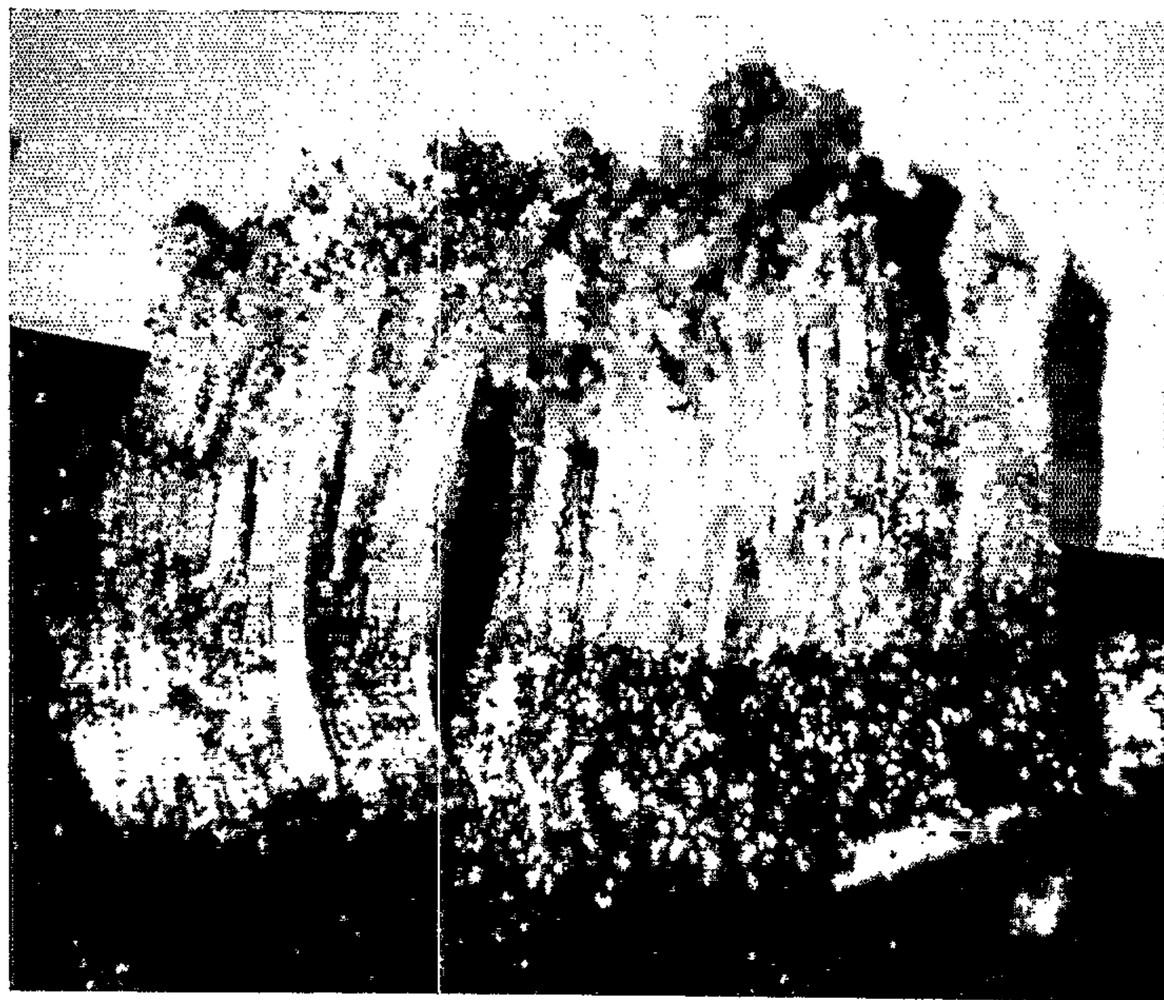


Fig. 3.

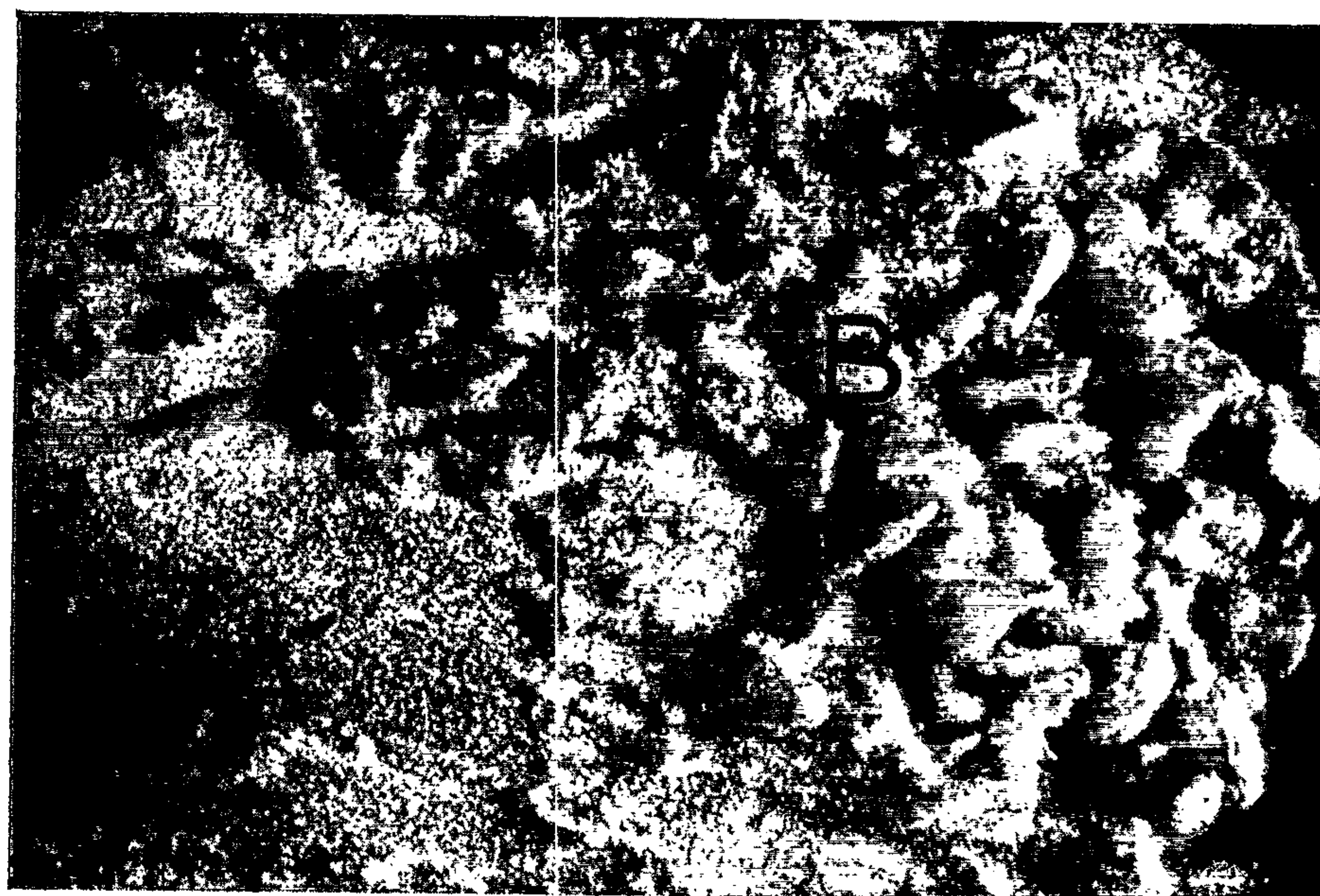


Fig. 4.

4. En soulevant de terre un groupe d'aiguilles de glace, nous pouvons constater qu'une particule de terre est fixée aux extrémités de chacune d'elles. Cette observation suggère l'existence de quelque analogie de formation et de croissance entre ces aiguilles et les whiskers de glace obtenus sur des particules d'oxyde ferroso-ferrique et décrits dans une Note antérieure ([5]). Mais alors que dans ce dernier cas la croissance a lieu par l'intermédiaire de la phase vapeur, c'est ici la phase liquide présente dans le sol humide qui joue le rôle prépondérant.

5. Les aiguilles de glace se développent d'une manière remarquable sur une terre noire argilo-calcaire à forte teneur d'argile. Par contre, nous avons vainement tenté d'en obtenir sur du sable de Fontainebleau (*fig.* 4, zone A); mais il suffit de recouvrir ce sable humide d'une mince couche de terre noire pour qu'elles apparaissent de nouveau. Elles présentent même un développement encore plus spectaculaire quand la couche de terre noire est remplacée par une couche de kaolin (*fig.* 4, zone B). Ces observations gagnent à être rapprochées de celles réalisées par W. Czeratzki et H. Frese ([6]) au cours de leur étude sur la structure des cristaux de glace qui se forment à l'intérieur de différents sols sous l'action du gel : les sols à teneur élevée en argile se montrent plus favorables à l'apparition de structures en aiguilles ou en lamelles verticales. Ce résultat laisse également entrevoir la possibilité de préciser les influences respectives de la nature et de la structure des constituants du sol sur la formation et la croissance du phénomène.

6. Par le déplacement de matière qu'il provoque, ce phénomène constitue un mécanisme de modification physique des sols dont certaines conséquences écologiques ont été établies [([2]), ([7])]. De plus, sous des latitudes tempérées, dans le cas de gels répétés et entrecoupés de périodes ensoleillées, il doit être considéré comme une véritable succion en surface de l'eau du sol emmagasinée dans les couches plus profondes, modifiant ainsi sensiblement le profil hydrique du terrain par le maintien d'une forte humidité superficielle. Une évaporation plus importante peut s'ensuivre, contribuant ainsi à réduire la réserve du sol en eau.

Enfin, comme ce phénomène correspond à une formation de cristaux de glace sur des particules minérales à température très voisine de 0°C, nous espérons que son étude systématique puisse avoir d'utiles prolongements en physique atmosphérique où les noyaux glaçogènes actifs à des températures comprises entre 0 et — 5°C sont encore pratiquement inconnus.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

([1]) A. Breithaupt, *Die Paragenesis d. Mineralien*, Frieberg, 1849.
([2]) B. Högbom, *Bull. Geol. Inst. Univ. Upsala*, 12, 1914, p. 257.
([3]) H. Fukuda, *J. Coll. Agric. Tokyo Univ.*, 13, 1936, p. 453.
([4]) S. Henin et O. Robichet, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 2358.
([5]) R. Serpolay et M.-J. Toye, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 4187.
([6]) W. Czeratzki et H. Frese, 6e *Congrès de la Science du Sol*, Paris, 1956, p. 173.
([7]) G. Kunkel, *Arch. Met. Geoph. Biokl.*, B 11, 1962, p. 377.

CRISTALLOGRAPHIE. — *Paramètres cristallins de l'iodure d'argent hexagonal* (IAg β). Note (*) de M. **Henri Chateau**, Mlles **Anne de Cugnac** et **Marie-Claude Moncet** et M. **Jacques Pouradier**, présentée par M. Georges Champetier.

En 1923, R. B. Wilsey [1] a pu interpréter ses clichés de diffraction X correspondant à des poudres d'iodure d'argent en admettant que les échantillons étudiés appartenaient au système hexagonal compact. Mais quelques années plus tard, comparant les intensités de diffraction, L. Helmholz [2] a observé qu'à température ordinaire, la structure de IAg hexagonal n'est pas rigoureusement compacte et que le rapport c/a doit être un peu supérieur à 1,633. Cette conclusion paraît vérifiée par les mesures directes des paramètres cristallins faites par divers auteurs [[2] à [5]] qui ont obtenu pour c/a des valeurs comprises entre 1,6337 et 1,640. A noter que ces valeurs sont généralement des moyennes dont les résultats individuels sont parfois relativement éloignés.

Ayant besoin de connaître avec précision la structure de l'iodure d'argent on a reconsidéré la détermination du rapport c/a. Deux techniques ont été successivement utilisées :

1° Pour une structure rigoureusement hexagonale compacte, en raison de la symétrie du système, il y a coïncidence entre certaines taches ou raies de diffraction correspondant à des plans différents, par exemple les plans (302) et (006), (118) et (410), (222) et (116). Ces coïncidences ne sont pas réalisées lorsque la structure s'écarte du cas idéal et l'écart angulaire entre les deux taches permet de déterminer le rapport c/a sans avoir à déterminer avec précision les valeurs séparées des deux paramètres. Pour les diagrammes obtenus avec le rayonnement $K\alpha_1$ du cuivre $\lambda = 1,5405$ Å, on a la plus grande précision possible en considérant les plans (118) et (410). Le cristal étudié est placé sur la tête goniométrique du diffractomètre X et orienté de façon à tourner autour de l'axe [100]. Avec cette disposition, on obtient sur chaque cliché quatre groupes de taches (118) et (410) situées sur les strates 1 et — 1.

Cette technique a été appliquée à des monocristaux de taille comprise entre 150 et 400 μ préparés par refroidissement lent de solutions saturées d'iodure d'argent dans de l'acide iodhydrique environ 7 M.

Les cristaux ont été observés au microscope et cinq d'entre eux ont été sélectionnés pour leur régularité structurale. Les valeurs du rapport c/a correspondant sont indiquées dans la deuxième colonne du tableau.

2° Il est bien connu que si, pour chaque raie ou tache de diffraction, on porte en ordonnées la valeur mesurée du paramètre cristallin et en

abscisses la fonction de Nelson et Riley $\varphi(\theta)$, on obtient pour les grands angles de Bragg une droite dont l'extrapolation à $\varphi(\theta) \to 0$ (soit $\theta \to 90°$) détermine la valeur exacte du paramètre cristallin étudié. Avec les cristaux du système hexagonal le calcul fait intervenir le rapport c/a. Celui-ci n'étant pas connu avec précision on lui a attribué successivement différentes valeurs arbitraires et calculé pour chacune d'elles la somme des carrés des erreurs par rapport à la droite des moindres carrés $a = f[\varphi(\theta)]$ représentant les résultats expérimentaux. On peut ainsi déterminer les valeurs du rapport c/a et du paramètre cristallin a qui conduisent à l'erreur minimale.

N° du cristal.	Dédoublement des raies (118)-(410) $\frac{c}{a}$.	Dépouillement complet. $\frac{c}{a}$.	a (Å).
1	1,6344	–	–
2	1,6347	1,6362	4,5912
3	1,6346	1,6355	4,5946
4	1,6352	1,6355	4,5932
5	1,6352	1,6358	4,5912
Moyenne	1,6348	1,6358	4,5925
	±0,0004	±0,0004	±0,002

Appliquée aux taches de la strate équatoriale des diagrammes de cristal tournant relatifs aux cristaux étudiés ci-dessus, cette technique a donné les valeurs reportées dans les troisième et quatrième colonnes du tableau.

Des poudres d'iodure d'argent préparées par précipitation en présence d'un léger excès d'iodure de potassium ont également été étudiées selon cette technique. L'analyse a été effectuée avec un diffractomètre X (Compagnie Générale de Radiologie, raie K_{α_1} du cuivre, isolée à l'aide d'un monochromateur à lame de quartz), l'échantillon étant maintenu à 25°C.

En raison de la symétrie du type hexagonal presque compact, il y a souvent superposition partielle de raies d'indices différents. Il en résulte parfois une ambiguïté sur l'indice de certaines raies et sur la position du maximum. En outre, il est difficile de préparer par précipitation des échantillons de IAg ne contenant que la forme hexagonale et l'on obtient généralement un mélange des formes hexagonale (IAg β) et cubique type blende (IAg γ). Presque toutes les raies du cubique se confondraient avec celles de l'hexagonal si celui-ci était rigoureusement compact. Elles s'en écartent légèrement dans le cas présent et provoquent un élargissement des raies qui diminue la précision des pointés. Afin de minimiser cette cause d'erreur, l'étude a porté sur des poudres d'IAg choisies pour leur faible teneur en forme cubique.

Les mesures effectuées sur six échantillons ont donné :

$$\frac{c}{a} = 1,6347 \pm 0,0007, \qquad a\,(\text{Å}) = 4,593_6 \pm 0,002,$$

cette dernière valeur ne tenant pas compte de la correction de réfraction.

Ces trois séries de mesures conduisent toutes à des valeurs du rapport c/a significativement supérieures à 1,633 prouvant ainsi que l'iodure d'argent sous la forme β n'est pas rigoureusement hexagonal compact.

Bien que les trois valeurs obtenues pour le rapport c/a soient voisines (1,6348, 1,6358 et 1,6347), il y a cependant entre les valeurs extrêmes un écart supérieur à ce que laissent prévoir les incertitudes expérimentales. L'origine de cette différence est en cours d'étude, mais dès à présent, on peut admettre en première approximation :

$$\frac{c}{a} = 1,635.$$

Cette valeur étant adoptée, on peut la reporter dans les calculs de dépouillement des diagrammes de diffraction et déterminer le paramètre cristallin a. On obtient :

pour les monocristaux : $4,593_3 \pm 0,002$;

pour les poudres : $4,593_3 \pm 0,002$.

En conclusion, il semble qu'on puisse adopter pour les paramètres cristallins de IAg β à 25°C les valeurs suivantes :

$$a = 4,593_3 \text{ Å}, \qquad c = 7,510_0 \text{ Å}, \qquad \frac{c}{a} = 1,635.$$

A partir de ces valeurs, on calcule aisément la densité de l'iodure d'argent :

$$d = \frac{2\,M_{IAg}}{N \sin 60^\circ a^2 c} = 5,682,$$

où M_{IAg} est la masse moléculaire de l'iodure d'argent (234,79) et N le nombre d'Avogadro ($6,023 . 10^{23}$).

Les mesures directes de densité faites au pycnomètre sur les six échantillons d'iodure d'argent pulvérulent utilisés pour les mesures ci-dessus ont donné $d = 5,675 \pm 0,005$ [valeur à rapprocher de 5,690 obtenue antérieurement (6)]. Cet accord montre que, pour l'iodure d'argent, rayons X et techniques gravimétriques conduisent à des résultats concordants, ce qui prouve que les cristaux d'iodure d'argent étudiés ne contenaient pas (ou très peu) de lacunes.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) R. B. Wilsey, *Phil. Mag.*, 46, 1923, p. 487-496.
(2) L. Helmholz, *J. Chem. Phys.*, 3, 1935, p. 740-747.
(3) N. H. Kolkmeijer et J. W. A. Van Hengel, *Z. Krist.*, 88, 1934, p. 317-322.
(4) K. H. Lieser, *Z. Phys. Chem.*, 5, 1955, p. 125-153.
(5) *National Bureau of Standards Circular*, 8, n° 539, 1958, p. 51-52.
(6) H. Raynaud et J. Pouradier, *J. Chim. Phys.*, 52, 1955, p. 133-140.

(*Laboratoires de Recherches*
30, *rue des Vignerons, Vincennes, Seine.*)

RADIOCRISTALLOGRAPHIE. — *Étude de deux germanates spinelles.* Note (*) de MM. **André Durif** et **Jean-Claude Joubert**, transmise par M. Louis Néel.

L'étude des systèmes ternaires du type MO_2-Li_2O-M'O, et plus spécialement la recherche du domaine d'existence de la phase spinelle dans ces systèmes révèle l'existence de deux composés définis : un germanate de lithium-zinc ($Ge_3Li_2ZnO_8$) et un germanate de lithium-cobalt ($Ge_3Li_2CoO_8$). Ces deux spinelles possèdent une surstructure du type 1-3 sur les sites octaédriques.

Dans cette Note nous exposons les résultats d'une étude cristallographique de la portion des systèmes ternaires GeO_2-Li_2O-CoO et GeO_2-Li_2O-ZnO décrite par la formule $Ge_{(1+4x)}\,Li_{4x}Zn_{(2-2x)}O_{(4+8x)}$. Cette formule représente la portion du diagramme où le rapport du nombre de cations au nombre d'anions est égal à 3/4. Les deux termes extrêmes ($x = 0$ et $x = 1$) correspondent d'une part aux deux composés GeO_4Zn_2 et GeO_4Co_2 (1), d'autre part au composé hypothétique $Ge_5Li_4O_{12}$ défini par analogie au titanate de lithium spinelle [(2), (3)]. Pour $x = 0{,}5$ on obtient les deux composés qui font l'objet de cette étude : $Ge_3Li_2ZnO_8$ et $Ge_3Li_2CoO_8$.

Leur préparation se réalise facilement par calcination progressive jusqu'à 950°C d'un mélange en quantités convenables d'oxyde de germanium, d'oxyde de zinc ou de cobalt et de carbonate de lithium. Un recuit prolongé (80 à 100 h) à 950°C améliore notablement leur état de cristallisation.

Les diffractogrammes effectués à la longueur d'onde K_{α_1} du cobalt montrent que la maille élémentaire est cubique avec

$$a_0 = 8{,}190\ \text{Å}\quad \text{pour } Ge_3ZnLi_2O_8,\qquad a_0 = 8{,}204\ \text{Å}\quad \text{pour } Ge_3CoLi_2O_8$$

et qu'elle renferme quatre unités moléculaires. Les réflexions les plus fortes sont caractéristiques du groupe d'espace O_h^7-F $d\,3\,m$, mais la présence de nombreuses raies plus faibles montre qu'il s'agit en réalité d'une maille cubique simple. La seule extinction observée : $(00l)$ n'existent qu'avec $l = 4n$ conduit au groupe d'espace O^6-P $4_3 32$ (ou O^7-P $4_1 32$).

Les dimensions des mailles, la pseudo-symétrie correspondant aux réflexions fortes aussi bien que la formule chimique prouvent que la structure de ces composés dérive de celle des spinelles. De plus le groupe réel (O^6 ou O^7) est celui trouvé pour certains spinelles présentant un ordre 1/3 sur les sites octaédriques (Fe_5LiO_8, Al_5LiO_8,...) [(4), (5)], ce qui suggère une répartition ordonnée du germanium et du métal bivalent sur

les sites octaédriques correspondant à la formule $[Ge_3M^{II}]\ (Li_2)\ O_8$. Cependant, l'examen des intensités montre immédiatement qu'une telle répartition n'est pas possible; en effet toutes les réflexions de la catégorie $e\ (h^2 + k^2 + l^2 = 16\,n + 8)$ (6) auxquelles seuls les sites A contribuent devraient alors être nulles ou très faibles, ce qui n'est pas le cas. Un examen plus approfondi des intensités, effectué à l'aide des réflexions obéissant aux lois d'extinction du groupe O_h^7 montre que le lithium se répartit sur les sites A et B avec un arrangement du type $[Ge_3Li_{1-x}Co_x]\ (Li_{1+x}Co_{1-x})$ où x est très voisin de zéro pour un produit lentement refroidi. Le facteur de véracité calculé pour ce type de réflexion (R = 0,07) confirme cette répartition.

L'étude des autres réflexions, supposées dues à la surstructure 1/3 entre le lithium et le germanium sur les sites B confirme bien ce type d'ordre. Le facteur de véracité obtenu pour ces seules réflexions est de 0,19. Pour l'ensemble des réflexions on obtient R = 0,10. Les mêmes conclusions ressortent de l'étude du germanate de lithium-zinc. On aboutit ainsi à la répartition atomique suivante dans le groupe O^6 :

$$4\,Li \text{ en } 4(b), \qquad 12\,Ge \text{ en } 12(d), \qquad x \sim \frac{3}{8};$$

$$4\,M^{II} + 4\,Li \text{ en } 8(c), \qquad x \sim 0;$$

$$24\,O \text{ en } 24\,(e), \qquad x = y \sim \frac{1}{8}, \qquad z \sim \frac{3}{8};$$

$$8\,O \text{ en } 8\,(c), \qquad x \sim \frac{3}{8}.$$

Une détermination précise des paramètres de position est en cours par diffraction de neutrons sur le germanate de lithium-zinc. Nous n'avons pas trouvé de raies de surstructure indiquant un ordre des ions sur les sites tétraédriques.

Tous les essais effectués en vue d'obtenir par trempe une phase non ordonnée de ces deux composés ont échoués. Il convient de signaler que ces deux composés constituent un nouvel exemple d'occupation de sites octaédriques par du germanium (7).

Le tableau I résume les principales caractéristiques de ces deux composés. Le tableau II donne le dépouillement d'un diffractogramme du germanate de cobalt-lithium.

TABLEAU I.

Formules.	a_0 (Å).	D_x (g/ml).	T (fusion) (°C).	Couleurs.
$Ge_3ZnLi_2O_7$	8,190 ± 0,002	5,11	995 ± 5	Blanc
$Ge_3CoLi_2O_7$	8,204 ± 0,002	5,06	980 ± 5	Bleu foncé

TABLEAU II.

hkl.	110.	111.	210.	211.	220.	310.	311.	222.	320.	321.	400.
I_{obs}	20	80	34	15	13	4	100	16	4	5	57
d_{obs}	5,78	4,73	3,66	3,35	2,89	2,59	2,47	2,36	2,27	2,19	2,0

hkl.	410-322.	411-330.	331.	421.	422.	510-431.	511-333.	520-432.	521.	440.	530-433
I_{obs}	1	4	7	7	4	6	41	5	2	56	2
d_{obs}	1,984	1,931	1,877	1,786	1,672	1,606	1,577	1,522	1,497	1,448	1,406

hkl.	531.	610.	611-532.	620.	541.	533.	622.	630-542.	631.	444.
I_{obs}	12	2	2,5	1	2	12	12	4	1	11
d_{obs}	1,384	1,347	1,329	1,296	1,265	1,250	1,236	1,222	1,209	1,183

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) A. Durif, E. F. Bertaut et R. Pauthenet, *Ann. Chim*, 13, 1956, p. 525-543.
(2) E. F. Bertaut et A. Durif, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 212.
(3) G. H. Jonker, Communication privée in E. W. Gorter, *loc-cit.*
(4) E. W. Gorter, *Phil. Res. Rep.*, 9, 1954, p. 295-320.
(5) P. B. Braun, *Nature*, 170, 1952, p. 1123.
(6) E. F. Bertaut, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 213 et 231 ,1950, p. 88.
(7) J. Dulac, *Bull. Soc. franç. Min. Crist.*, 85, 1962, p. 93.

(*Laboratoire d'Electrostatique et de Physique du Métal, Institut Fourier, place du Doyen-Gosse, Grenoble.*)

GÉOLOGIE. — *Données nouvelles sur le Crétacé et le Nummulitique du chaînon du Haouz (Rif septentrional, Maroc).* Note (*) de MM. **Jean Magné** et **Jean-François Raoult**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Le chaînon du Haouz s'étend sur une quarantaine de kilomètres, avec une orientation sensiblement méridienne, entre la cluse de Tétouan et le détroit de Gilbraltar. Ce chaînon est le prolongement septentrional de la Dorsale calcaire dont il est séparé par la cluse du Rio Martin. Bordé à l'Ouest par la zone des Flyschs ultra-rifains [1] et à l'Est par la zone paléozoïque, il se présente comme un empilement d'écailles venues de l'Est et, ultérieurement, plus ou moins redressées. Situé à environ 12 km au Nord de Tétouan, le secteur levé par l'un de nous (J.-F. R.) montre plusieurs unités définies par leurs séries stratigraphiques. Considérons tout d'abord la série crétacée de l'unité orientale de la Hafa el Uestia qui se décompose en trois écailles présentant des séries analogues; on y observe, de bas en haut :

— des grès rouges ou violacés attribués au Permo-Trias;

— des dolomies du Trias moyen (?)-supérieur, montant localement dans l'Infralias;

— un mince complexe calcaréo-dolomitique de l'Infralias probable (horizon à *Triasina* cf. *hantkeni* Majzon) qui n'existe que dans l'écaille centrale;

— une barre de calcaire blanc massif du Lias inférieur-moyen (zone à *Paleodasycladus mediterraneus* Pia);

— de minces lambeaux de calcaire rouge du Toarcien supérieur-Aalénien inférieur à *Haugia* gr. *compressa* Buck. et *Polyplectus discoides* Zieten;

— des calcaires sublithographiques du « Kimmeridgien » à Saccocomidés et du Tithonique à Calpionelles. La série de l'Aalénien supérieur au Callovien n'a pas été caractérisée, bien que quelques niveaux de calcaires à « filaments » puissent lui être attribués; rien ne prouve par ailleurs une émersion.

Viennent ensuite divers étages du Crétacé que nous allons étudier plus en détail. La minceur des dépôts (1 à 5 m le plus souvent), les laminages tectoniques et les transgressions font que, sur une même coupe, ne s'observe jamais la totalité des assises; il est néanmoins possible de reconstituer une série synthétique qui, de bas en haut, montrerait :

1. Transgressif sur du Lias, un conglomérat néocomien, composé surtout de galets calcaires du Malm supérieur; il a livré quelques Bélemnites dont *Pseudobelus* cf. *bipartitus* Blainv. Très peu représenté dans cette unité de la Hafa el Uestia, il est analogue à celui d'El Queddan [2] d'âge néocomien. C'est la marque d'une brutale érosion anténéocomienne ayant décapé les assises allant du Malm supérieur au Lias inférieur.

2. Des calcaires argileux verdâtres qui montrent des Radiolaires, de petites Spirillines et de nombreux *Nannoconus*; ce niveau peut être attribué

au Crétacé inférieur; il a le même microfaciès que les marno-calcaires d'El Queddan, qui, succédant au poudingue néocomien, contiennent encore de nombreux galets et livrent des *Lamellaptychus* datant l'Hauterivien-Barrémien ([2]).

3. Des marnes verdâtres ou grises riches en microfaune avec de nombreuses *Thalmanninella ticinensis*, *Biticinella bentonensis*, *Globigerina planispira* et *Gl.* sp. Nous pouvons de plus signaler la présence de *Globorotalites* sp., *Planomalina* sp., *Spirillina* sp., etc. Cette association caractérise l'Albien. C'est la première fois que cet étage est caractérisé dans le chaînon du Haouz. Ces marnes proviennent de l'écaille la plus orientale de l'unité de la Hafa el Uestia; mais d'autres échantillons, pris un peu plus à l'Ouest, livrent un mélange de microfaunes datant l'Albien, le Cénomanien et le Sénonien, preuve que des assises de cesétages se sont également déposées et qu'elles ont été ensuite reprises dans des remaniements importants, au moins localement, au cours du Crétacé supérieur.

Le Barrémo-Aptien, non caractérisé dans ce secteur, l'a été récemment par J. Kornprobst et P. Marie quelques kilomètres au Nord du Collado d'Azlu d'Arabia, dans une écaille orientale, sous un faciès de calcaires argileux à *Globigerina infracretacea* ([3]).

4. Des calcaires argileux gris verdâtres, riches en Globigérines, des sections attribuables à des *Rotalipora* (?) et d'autres plus rares à *Globotruncana* gr. *stephani* (?); il s'agit peut-être de Cénomanien. Signalons que le Cénomano-Turonien a été caractérisé également un peu plus au Nord ([3]).

5. Des marnes jaunes à plaquettes de calcite où seules les microfaunes ont permis de reconnaître plusieurs horizons qui sont :

— un Sénonien inférieur probable avec *Globotruncana* cf. *lapparenti*, *G.* cf. *angusticarinata*, *G.* sp., avec nombreuses Globigérines et rares Gumbélines;

— le Campanien avec l'association : *Globotruncana fornicata*, *G. stuartiformis*, *G. elevata*, *G.* cf. *arca*, *G.* cf. *lapparenti*, *Gumbelina* sp.;

— le Mæstrichtien caractérisé par l'association : *Globotruncana contusa*, *G. stuarti*, *G. stuartiformis*, *G. mayaroensis*, *G. fornicata*, *Pseudotextularia* sp., *Gaudryina* sp.;

— un « Danien » avec *Globigerina triloculinoides*, *Gl. pseudobulloides*, *Globorotalia compressa*, *Chilogumbelina midwayensis*, *Anomalinoides* cf. *danica*, *Nodosaria* cf. *midwayensis*.

6. Nous atteignons ensuite un horizon contenant à la fois des formes sénoniennes (*Globotruncana stuarti*, *Gumbelina* sp.) et des espèces paléocènes comme *Truncorotalia* cf. *angulata*. Ce faciès de marnes jaunes et rouges se poursuit jusqu'à l'Yprésien très supérieur-Lutétien basal caractérisé par : *Truncorotalia aragonensis*, *Tr. bullbrooki*, *Tr.* cf. *brodermanni*, *Truncorotaloides rohri*, *Globigerina primitiva*, *Gl.* cf. *yeguænsis*, *Globigerinoides* sp., *Clavulinoides* sp., *Plectina* sp.

A ces niveaux succèdent des assises plus détritiques (calcaires organogènes, conglomérats et grès) de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène.

Dans les *unités occidentales* il est par contre possible d'observer une succession plus détaillée des assises nummulitiques. Prenons l'exemple de l'anticlinal d'El Queddan où le Tertiaire, transgressif sur les assises du Crétacé inférieur, montre de bas en haut :

— des marnes rouges de l'Yprésien très supérieur-Lutétien inférieur avec une association voisine de celle précédemment citée (*Truncorotalia aragonensis*, *Tr. bullbrooki*, *Tr.* cf. *topilensis*, *Tr. spinulosa*, *Globigerina primitiva*, *Gl.* cf. *turgida*, etc.);

— des marnes, rouges également, datées du Lutétien supérieur par *Truncorotalia topilensis*, *Tr. bullbrooki*, *Globorotalia lehneri*, *Turborotalia centralis*, *Globigerina yeguænsis*, *Gl. dissimilis*, *Globigerinoides index*, *G. orbiformis*, *Hantkenina* sp., etc.;

— des calcaires organogènes contenant en particulier *Discocyclina nummulitica* Gumb., *Asterodiscus* sp. et *Grzybowskia multifida* Bieda, association indiquant l'Éocène supérieur;

— sur ceux-ci reposent des marnes jaunes et roses datées de l'Oligocène par *Globigerina venezuelana*, *G. dissimilis*, *G.* cf. *ampliapertura*, *G.* cf. *opima*, *Vulvulina spinosa*, *Gyroidina* sp., *Elphidium* sp., etc. et renfermant de minces microconglomérats datés aussi de l'Oligocène par *Eulepidina* cf. *dilatata* Michel., *Nephrolepidina tournoueri* Lem. et Douv. (d'après M. Neumann) avec de nombreuses Orthophragmines remaniées.

Pour terminer cette revue très rapide signalons que l'unité la plus orientale du Haouz, comprise entre celle de la Hafa el Uestia et la zone paléozoïque, montre un Nummulitique caractérisé par d'épais niveaux de calcaires organogènes contenant à leur base des horizons à Alvéolines de l'Éocène inférieur et moyen.

Ainsi, dans le chaînon du Haouz, le Crétacé est maintenant connu dans sa quasi-totalité, puisque l'Albien, non caractérisé jusqu'à ce jour, vient à son tour d'être mis en évidence. La mer crétacée a d'abord déposé un conglomérat néocomien dû à une surrection générale anténéocomienne accompagnée de faibles plissements; ensuite se sont déposés des niveaux essentiellement marneux, à microfaune pélagique, ce qui indique une immersion continue au cours du Crétacé. Le Nummulitique, tout d'abord marneux lui aussi, devient franchement détritique dans ses termes élevés. Les niveaux conglomératiques, transgressifs et discordants, de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène sont la marque de mouvements assez importants précédant l'orogenèse proprement dite.

(*) Séance du 29 octobre 1962.
(1) M. Durand Delga et M. Mattauer, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, nº 2, 1960, p. 22.
(2) J. F. Raoult, *Ibid.*, nº 3, 1962, p. 65-68.
(3) J. Kornprobst, P. Marie et M. Villaumey, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2202.

[210, *Cours Victor-Hugo, Bègles (Gironde)*,
et Laboratoire de Géologie générale de la Sorbonne.]

GÉOLOGIE. — *Sur la présence d'Ordovicien dans le bas bocage vendéen (région de La Roche-sur-Yon).* Note (*) de M. **Abel Brillanceau**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Une découverte paléontologique intéressante vient d'être faite à Est - Sud-Est de La Roche-sur-Yon (Vendée) dans un territoire cartographié jusqu'alors, faute de fossile, comme Briovérien. Ce fait nouveau nous amène à définir une nouvelle bande d'Ordovicien dans l'axe du synclinorium Challans-La Roche-sur-Yon-Luçon.

En recherchant les roches basiques dans le complexe briovérien de la région vendéenne, j'ai pu reconnaître dans la formation encaissante une série apparentée aux synclinaux de la Châtaigneraie et de Saint-Pierre-du-Chemin, mis en évidence par G. Mathieu [1].

1. *Situation géographique.* — Entre la ville de La Roche-sur-Yon et l'anticlinal migmatitique de gneiss et de roches basiques de Paimbœuf à Mervent, il existe une bande épimétamorphique de schistes satinés séricitiques. Ces schistes classés jusqu'à présent dans le Briovérien ont donné lieu autrefois à des exploitations sporadiques d'ardoises.

En débitant ces schistes métamorphiques, j'ai réussi récemment à mettre à jour un niveau fossilifère riche en lamellibranches laminés et écrasés.

2. *Description paléontologique* [2]. — Une valve gauche de lamellibranche avec ornementation en partie conservée (*fig.*) ressemble à l'un des fossiles figurés dans la faune ordovicienne de Réaumur (Vendée) : on serait en présence d'une *Nucula* sensu lato [[3], [4]]. La forme générale est bien soulignée et une partie de la costulation apparente. Sur d'autres plaques quelques traces d'ornementation (côtes) sont visibles dans des taches de même dimension que l'échantillon précédent. Il semble donc que chacune de ces taches limoniteuses soit elle-même un fossile écrasé.

La présence de ces lamellibranches, montre qu'une bande de schistes ordoviciens très légèrement métamorphiques existe à une dizaine de kilomètres de La Roche-sur-Yon à l'Est - Sud-Est.

3. *Contexte géologique et tectonique.* — Les schistes subardoisiers à lamellibranches ci-dessus décrits sont superposés à d'épaisses coulées de rhyolites comparables à la rhyolite de Puybelliard dans la fosse de Chantonnay. Par ailleurs, et bien que ce pays soit extrêmement couvert, un quartzite massif apparaît en certains points et représente le niveau du grès de la Châtaigneraie.

Il est frappant de constater l'existence d'une série en tous points comparable à celles de Saint-Pierre-du-Chemin et de la Châtaigneraie déjà identifiées en 1937 par G. Mathieu [1] et dont l'âge ordovicien est démontré, avec de puissants épanchements rhyolitiques du Trémadocien. L'ensemble forme une cuvette synclinale assez évasée à pendage de 50 à 60° environ.

Ce Silurien forme de toute évidence, dans l'architecture de la Vendée, une amande synclinale dans l'axe du synclinorium Challans - La-Roche sur-Yon - Luçon ([5]) : les phyllades sombres du viaduc de l'Angle-en-Bournezeau s'appliquent avec un pendage 75° Sud - Sud-Ouest contre l'axe anticlinal migmatitique Paimbœuf-Mervent, tandis que les schistes briovériens du bas bocage appuyés sur les gneiss des Sables-d'Olonne présentent un pendage dominant 5 à 15° Nord-Est.



Nucula conservée dans les schistes épimétamorphiques du bas bocage (G × 8).

Notons également du point de vue zonéographique que l'Ordovicien est à peine métamorphique (présence de séricite) et permet la conservation de quelques fossiles, tandis que le Briovérien est à inclure dans la zone des micaschistes.

On peut conclure que la découverte de fossiles dans les schistes ardoisiers, la présence de puissants épanchements rhyolitiques et de quartzites dans la structure du synclinorium Challans-Luçon, nous permet d'ajouter une troisième bande d'Ordovicien sur la feuille géologique de La Roche-sur-Yon, bande que nous proposons de nommer synclinal de la Limouzinière.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

([1]) G. Mathieu, *Thèse Sciences*, Lille, 1937.

([2]) Le Professeur G. Mathieu m'a guidé de son expérience pour la détermination délicate des fossiles trouvés.

([3]) G. Mathieu, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 1739.

([4]) G. Mathieu, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 5e série, 11, 1941, p. 7 à 9 et pl I.

([5]) G. Mathieu, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 55, n° 253, 1957, p. 30.

(*Institut de Géologie et d'Anthropologie préhistorique, Faculté des Sciences, Poitiers.*)

GÉOLOGIE. — *Les hamadas tertiaires du bassin parisien.* Note (*) de MM. **Pierre Bellair, Charles Pomerol** et **André Prost**, présentée par M. Jacques Bourcart.

A plusieurs reprises au cours du Nummulitique, il s'est constitué dans la zone centrale du bassin parisien des couches généralement peu épaisses de grande extension géographique et d'origine pouvant prêter à discussion : telles sont les caillasses du Lutétien, le calcaire de Saint-Ouen *pro parte*, le « calcaire lacustre » de Champigny, les meulières et calcaires de Brie, les meulières et calcaires de Beauce.

Le caractère de surface structurale est surtout marqué pour les deux derniers, souligné à la fois par leur extension horizontale et une induration lithologique mieux affirmée et moins discontinue.

D'une manière générale ces formations montrent comme fossiles des mollusques d'eau douce et parfois des oogones de Chara. Il s'ensuit qu'elles ont été généralement considérées comme des dépôts lacustres. Notons toutefois l'absence de restes de poissons et la très faible proportion de phosphore et de magnésie signalés autrefois par M. L. Cayeux ([1]). Il s'agit là d'arguments négatifs mais qui laissent à penser que ces lacs présumés n'avaient pas la continuité d'existence que nécessite une faune ichthyenne.

Bien que présentant des caractères différentiels, ces divers niveaux ont en commun la fréquence des silicifications, épigénisant des minéraux variés, mais souvent de la calcite ou du gypse.

Les trois derniers montrent fréquemment une structure géométriquement mal définie : des couches indécises marneuses ou marno-calcaires avec des concrétions, auxquelles fait suite vers le haut la dalle calcaire ou silicifiée, dalle dont la limite inférieure est également non tranchée et ne constitue jamais une surface plane : cette dernière se résout habituellement en effilochures noyées dans des marnes d'aspect varié, souvent diversement colorées.

Il paraît curieux que cette structure à la fois caractéristique et à première vue aberrante n'ait jamais été comparée à celles qui ont été décrites dans les formations hamadiennes du Sahara algérien et marocain. La hamada de Tindouf, à Tindouf même, montre une dalle silicifiée dont la base se dissout dans les niveaux marno-sableux verts et jaunes constituant la « torba ». A Beni-Abbès le phénomène est le même et A. Cailleux et M. Auzel ont noté depuis longtemps ([2]) que la dalle est une vraie meulière.

Un d'entre nous (A. P.), ayant consacré une thèse de troisième cycle à l'étude de la meulière de Brie, a pensé pouvoir admettre que la silicification de la meulière est liée à la transformation en kaolinite des minéraux illitiques de l'argile sous-jacente. Cela recoupe d'une manière assez satisfaisante une observation de H. Alimen et G. Deicha ([3]) sur le caractère pédologique de certaines meuliérisations, et les travaux de Millot et de son École ([4]); ces derniers auteurs ont montré que, dans la région de Gao, les calcaires

silicifiés sont liés à des lapiés. De même, dans la hamada de Tindouf comme sur le bord du plateau des Daïas, comme sur la hamada de Beni-Abbès, il y a un karst fruste, infantile, à dolines, extraordinairement net lorsqu'on l'observe d'avion. Les mares du plateau de Brie compte tenu de la possibilité d'actions périglaciaires en certains points (lentilles de glace plus ou moins assimilables à des pingos) ont probablement une telle origine.

Bref, morphologiquement comme géologiquement, l'aspect de surface des hamadas calcaires du Sahara septentrional et la coupe de leur rebord présentent les mêmes caractéristiques que les surfaces structurales de Beauce et de Brie; celles, moins étendues, des calcaires de Saint-Ouen ou du Lutétien sont nettement moins évoluées mais restent pourtant comparables.

On peut en déduire que la ressemblance est trop poussée pour qu'il n'y ait pas une identité d'origine. Sans nier totalement l'existence d'un lac de Beauce ou de Brie il faut bien constater que les conditions lacustres n'y sont guère réalisées. Il y avait des mares temporaires durant une saison ou plusieurs années (comparables à la sebkra Kelbia en Tunisie dont la mise en eau persiste suivant les époques une ou plusieurs saisons sèches) où la vie animale et végétale était active. Entre temps il s'agissait de surfaces quasi désertiques avec phénomènes éoliens (grains de sables façonnés, regs de déflation), en un mot analogues aux hamadas calcaires que nous connaissons à la bordure septentrionale du Sahara.

On peut même se poser la question de savoir si les meulières et roches voisines ne sont pas en général des formations pédologiques : il est singulier de constater qu'au Nummulitique, des meulières ont été signalées en France ailleurs que dans le bassin de Paris, qu'elles existent sur les hamadas (considérées parfois comme des dépôts lacustres, mais cela paraît impossible sur la totalité des surfaces hamadiennes considérées). Il semble d'ailleurs que lorsqu'elle est sous la couverture des sables de Fontainebleau, la formation de Brie ne soit pas silicifiée (5). Si ce fait se révélait général, il faudrait en déduire que la meuliérisation date — au moins — de l'Oligocène terminal.

Ainsi s'expliquerait, mieux que par un régime strictement lacustre, bien des aspects morphologiques encore sensibles actuellement des surfaces indurées *continentales* du bassin de Paris.

Cette interprétation ne présume absolument pas du climat régnant à l'Éocène : comme pour les hamadas sahariennes, on ignore les conditions climatiques précises de genèse de ce type de formations, qui ne sont certainement pas monogéniques.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) *Mém. Serv. Carte géol.*, 1926, p. 643.

(2) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1949, p. 553-560.

(3) *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1958, p. 79-90.

(4) *Bull. Serv. Carte géol. Alsace-Lorraine*, 12, 1959, fasc. 2, p. 3-14.

(5) DOLLFUSS, *Notice sur une nouvelle carte géologique des environs de Paris*, 1901 et *Congrès de Berlin*, 1885.

(*Laboratoire de Géologie S.P.C.N.*, 1, *rue Guy-de-la-Brosse, Paris.*)

TECTONIQUE. — *La nappe du jebel Chouamat, nouvelle nappe « ultra » du Rif septentrional (Maroc).* Note (*) de MM. **Jean Andrieux** et **Maurice Mattauer**, présentée par M. Pierre Pruvost.

On sait qu'il existe dans le Rif septentrional de vastes nappes « ultra-rifaines » (3), seuls témoins d'un important sillon qui se situait avant les charriages dans un domaine plus interne que celui de la « Dorsale calcaire ». Trois nappes y furent individualisées : la nappe du jebel Tisirène (1), la nappe des Beni-Ider (1) et la nappe numidienne [(1), (2)]. Plusieurs interprétations furent proposées [(3), (4)], sur les rapports structuraux de ces trois nappes et sur leur « patrie » respective. Or il faut désormais distinguer dans ce matériel « ultra » une quatrième nappe, la « nappe du jebel Chouamat » dont nous montrerons la place dans l'édifice ultra-rifain.

La nappe du jebel Chouamat. — Dans la région du jebel Chouamat, massif culminant à 1585 m, traversé par la piste reliant Ketama à Jebha et situé à environ 15 km au Nord-Est de Ketama, on rencontre, charrié sur le Crétacé moyen et supérieur de la série de Ketama (1) un ensemble de terrains nettement distincts de ceux qui constituent la nappe du jebel Tisirène et comprenant stratigraphiquement de bas en haut :

a. un flysch schisto-gréseux épais de plusieurs centaines de mètres, caractérisé par des schistes verdâtres alternant avec des grès quartzites à patine noirâtre ou rouille. Les grès-quartzites du sommet de ce flysch sont caractérisés par leur patine noire, leur cassure grasse et verdâtre et la finesse des moulures et pistes qui ornent leur base;

b. une série schisteuse donnant des couleurs vives, bleutées, au paysage et contenant des nodules ferrugineux, des bancs de phtanites et de calcaires microbréchiques;

c. une série marno-schisteuse à intercalations de calcaires souvent microbréchiques et de grès calcareux.

Le niveau *c* a fourni des microfaunes du Sénonien et les phtanites du niveau *b* peuvent, comme dans tout le flysch « ultra », être rapportés au Cénomano-Turonien. On est ainsi conduit à attribuer la série bleutée *b* au Cénomanien et le flysch *a* à l'Albien, ce qui est d'autant plus vraisemblable que c'est le même faciès qui plus à l'Ouest a fourni à l'un de nous une ammonite à cachet albo-aptien (2). Nous pensons que cette série du jebel Chouamat représente la couverture glissée de la nappe du Tisirène, parce que stratigraphiquement les deux séries se complètent et que, à la base de la nappe du Chouamat, nous avons rencontré des lambeaux de la série du Tisirène. Comme cette nappe du Chouamat est elle-même recouverte au Nord par la nappe du jebel Tisirène, il faut considérer que ces deux nappes se sont formées par diverticulation.

Son extension. — Dans la région que nous avons étudiée entre Chauen et l'oued Nekor, on rencontre des lambeaux crétacés identiques à ceux décrits ci-dessus depuis la partie ouest du massif du jebel Tisirène à

l'Ouest jusqu'à l'oued Rhis à l'Est, c'est-à-dire sur plus de 100 km; ils reposent partout sur la série de Ketama. Ces lambeaux qui furent provisoirement rangés dans la nappe des Beni-Ider par l'un de nous ([4]) sont partout recouverts par la nappe du Tisirène; ils prouvent que la nappe du jebel Chouamat a une grande extension. Celle-ci est d'ailleurs probablement beaucoup plus grande encore, car à la lumière des travaux antérieurs on remarque qu'il doit être facile de retrouver cette nappe non seulement dans le reste du Rif mais aussi dans le Tell algérien.

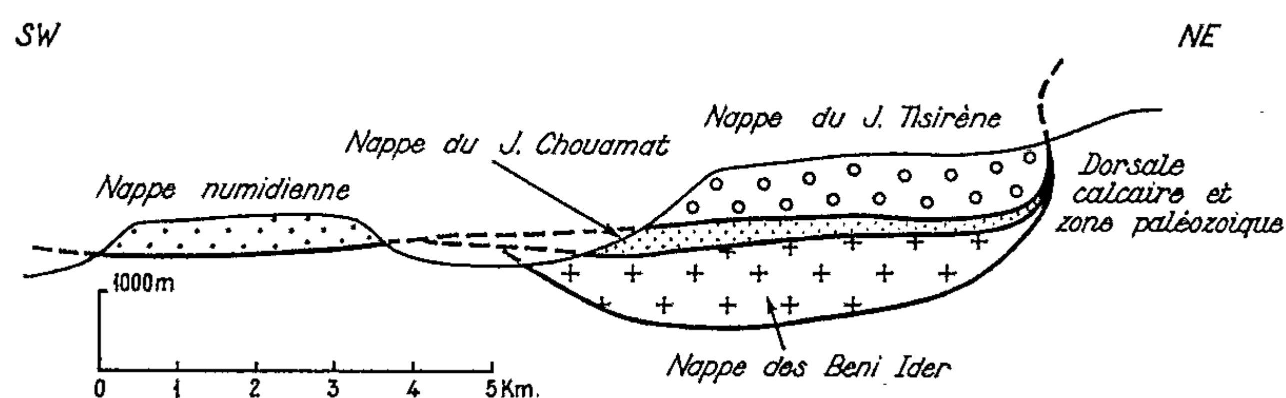


Fig 1_ Allure schématique des nappes ultra du Rif dans la région du Dj Tisirène.

Sa place dans l'édifice ultra-rifain. — L'allure de la nappe du jebel Chouamat ainsi que ses relations avec les trois autres nappes « ultra » est résumée sur la coupe schématique ci-jointe (*fig.* 1). Il s'en dégage, si l'on essaie de coordonner tous les faits connus, le tableau schématique de la figure 2 qui montre les relations probables entre le matériel des différentes nappes avant leur mise en place. On y constate que :

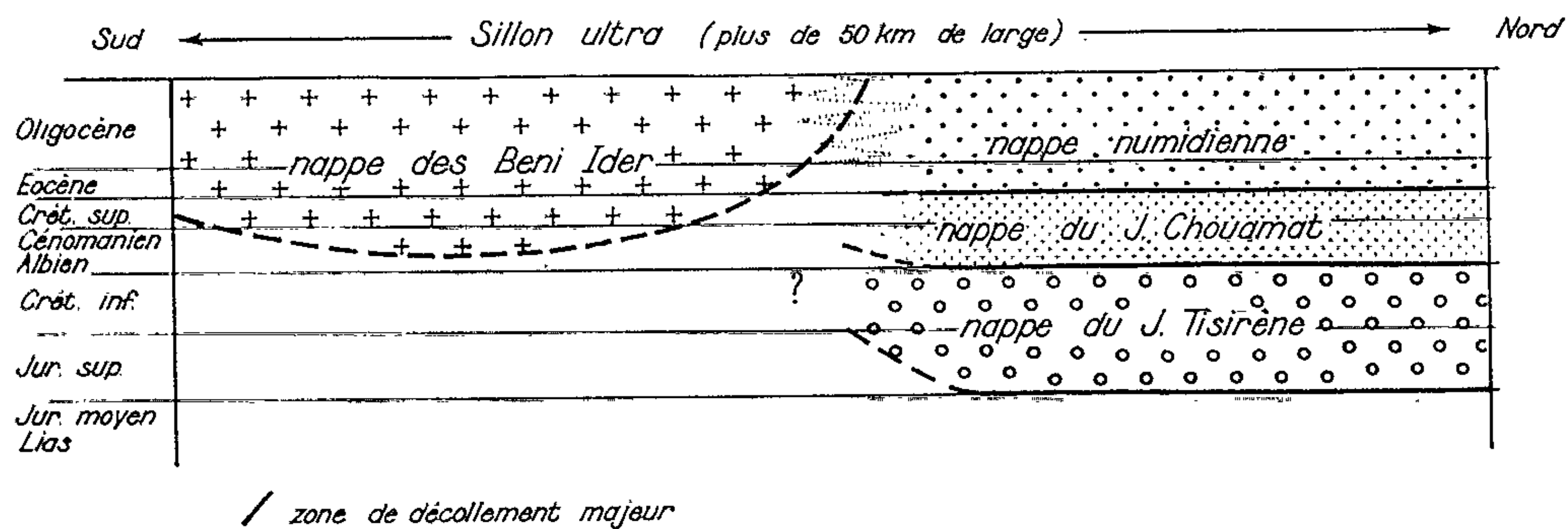


Fig 2_ Tableau indiquant la composition stratigraphique et la position possible, dans le Sillon ultra, du matériel des nappes avant leur mise en place.

a. C'est une série sédimentaire unique qui est à l'origine des trois nappes de glissement du jebel Tisirène, du jebel Chouamat et Numidienne. Nous savons en effet que le Numidien représente la couverture sédimentaire du matériel de la nappe du jebel Chouamat puisqu'à la base de nombreux lambeaux de la nappe numidienne on rencontre du flysch crétacé semblable à celui de la nappe du Chouamat.

b. Rien ne permet pour le moment de penser, comme cela avait été envisagé [(3), (5)], que le matériel de la nappe des Beni-Ider s'est sédimenté sur le matériel Jurassico-Crétacé de la nappe du jebel Tisirène. Bien qu'on n'ait pour le moment aucune idée des faciès du Crétacé inférieur et du Jurassique supérieur qui formaient le substratum du matériel Beni-Ider, il est fort possible que ces faciès soient différents de ceux de la nappe du Tisirène et apparentés à ceux de la « Dorsale calcaire ».

c. Il se pose pour ces différentes nappes un problème de nomenclature sur lequel il nous paraît utile d'insister pour éviter à l'avenir un mauvais emploi des termes créés. La nomenclature ne soulèverait pas de difficultés si les surfaces de décollement ayant été à l'origine des différentes nappes se présentaient exactement comme sur la figure 2. Mais en réalité ce schéma ne correspond qu'à une simplification car il n'indique que les surfaces de décollement « majeur » à l'exclusion des décollements secondaires qui n'ont certainement pas manqué de se produire et il suppose que les surfaces de base de la nappe numidienne et de la nappe du Chouamat se maintiennent à un niveau stratigraphique constant. Or, nous savons que ce n'est pas toujours le cas, puisque la nappe numidienne comporte parfois des semelles de flysch crétacé. Dans ces conditions il suffit de convenir que, lorsqu'une nappe « ultra » n'a pas exactement, comme cela ne manque pas de se produire, la composition correspondant à la définition qui en a été donnée, c'est le matériel le plus abondant qui donne son nom à la nappe. Si par exemple un lambeau de nappe « ultra » se trouve être formé à la fois de flysch crétacé moyen et supérieur et d'Éocène-Oligocène (à faciès Numidien) on parlera de nappe numidienne, si le Numidien est plus abondant et de nappe du jebel Chouamat dans le cas contraire.

Cette solution nous semble préférable à celle qui consisterait à créer une nouvelle unité tectonique chaque fois qu'apparaît une anomalie; car les unités deviendraient alors rapidement très nombreuses et le grand nombre de ces unités secondaires cacherait l'harmonieuse simplicité des quatre magnifiques nappes de glissement du Rif septentrional. En un mot, il ne nous paraît souhaitable de créer de nouvelles nappes « ultra » que dans la mesure où elles ne s'intégreront pas dans le schéma proposé ici.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

() M. DURAND DELGA et M. MATTAUER, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 2364.

(2) M. DURAND DELGA et M. MATTAUER, *C. R. somm. Soc. géol. France*, 1959, p. 225-226.

(3) M. DURAND DELGA et M. MATTAUER, *C. R. somm. Soc. géol.*, 1960, p. 22-24.

(4) M. DURAND-DELGA, L. HOTTINGER, J. MARÇAIS, M. MATTAUER, Y. MILLIARD et G. SUTER, *Livre Mém. P. Fallot*, 1, 1962, p. 399-422.

(5) M. MATTAUER, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1961, p. 32-33.

(*Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences, Montpellier.*)

STRATIGRAPHIE. — *Données nouvelles sur la stratigraphie du Crétacé supérieur dans le synclinal de Chauvac (Drôme).* Note (*) de M. **Bernard Porthault**, transmise par M. Léon Moret.

Des arguments paléontologiques nouveaux, fondés principalement sur l'étude des Globotruncanidés (Foraminifères), permettent de préciser la stratigraphie du Crétacé supérieur de Chauvac. Il apparaît que la plus grande partie de la série doit être attribuée au Turonien; l'âge coniacien n'est reconnu que pour le terme le plus récent de cette série.

Dans l'aire synclinale de Roussieux-Chauvac-Villebois, située à une dizaine de kilomètres au Nord de Séderon (Drôme), le Crétacé supérieur est représenté par une puissante formation qui constitue le terme le plus élevé de la série stratigraphique locale. Une coupe assez continue a été relevée entre les points de coordonnées Lambert : $x = 854,000$, $y = 228,900$ et $x = 853,950$, $y = 228,100$, dans un petit ravin qui s'ouvre à 600 m au Sud de Chauvac. On peut observer successivement, au-dessus des marnes bleues du Gargasien-Albien :

a. Marnes bleuâtres avec des intercalations sporadiques de petits bancs marno-calcaires (50 m).

b. Alternance régulière de calcaires gris, en bancs de 30-40 cm, et de marnes noires (40 m). Les interlits marneux se réduisent vers le sommet.

c. Calcaires gris clair, avec fines traces siliceuses et glauconie éparse, dont les bancs sont séparés par de minces délits marneux (60 m); quelques silex zonés font leur apparition au sommet de cette séquence.

d. Calcaires gris à silex (140 m). On observe, par places, à l'intérieur de cette formation, des bancs finement gréseux et glauconieux.

e. Les assises qui précèdent passent progressivement à des calcaires légèrement crayeux, à fines traces siliceuses et spicules de Spongiaires (110 m). Vers le sommet, cette séquence devient franchement détritique.

f. La série se termine par un complexe de grès grossiers jaunâtres, plus ou moins calcaires, en bancs de 40-60 cm alternant avec des lits marneux d'importance variable. L'épaisseur de cette formation peut être évaluée à 150-170 m.

Le Crétacé supérieur de Chauvac a déjà fait l'objet des recherches de V. Paquier ([1]) qui, dès 1895, en a donné une première interprétation stratigraphique. D'après lui, au-dessus du « Cénomanien marno-calcaire à Ammonites », équivalant à nos couches *a* et *b*, le Turonien n'était représenté que par la formation *c*, alors que les assises *d* et *e* devaient être rapportées au Coniacien, cette dernière attribution étant fondée sur la découverte de quelques fossiles (*Micraster decipiens* Bayle, *Echinocorys* sp., *Scaphites* sp.). Il attribuait au Santonien les couches *f*, où il avait trouvé *Ostrea* cf. *plicifera* Coq.

J. Sornay ([2]), depuis lors, a montré la fragilité des arguments de V. Paquier et il a proposé, en comparant la série de Chauvac à celle de Dieulefit, de placer dans le Turonien les formations *d* et *e* et même une grande partie des couches *f*.

Nos propres observations, dans le cadre d'une révision du Crétacé supérieur du Diois et des Baronnies, nous ont permis d'apporter quelques précisions sur l'âge des différents termes de la série de Chauvac, en modifiant à la fois les hypothèses de V. Paquier et de J. Sornay.

En premier lieu, l'attribution au Cénomanien des assises *a* et *b* ne fait aucun doute. La microfaune que nous avons recueillie à la base des couches *b* (*Thalmanninella brotzeni* Sigal, *T. reicheli* Mornod, *Rotalipora montsalvensis* Mornod, *R. cushmani* Morrow) indique même déjà un niveau élevé de l'étage; cette formation nous a également fourni *Schloenbachia costata* Sharpe (?) [3] et *Inoceramus* aff. *schöndorfi* Heinz [3], cette dernière espèce étant d'âge cénomanien supérieur.

Dans les couches *c*, à quelques mètres au-dessus de la base, un petit interlit marneux nous a livré *Præglobotruncana* cf. *renzi* Thalmann et *Globotruncana* cf. *sigali* Reichel, qui indiquent un âge turonien. *La limite Cénomanien-Turonien se situe donc dans le niveau, épais de quelques mètres, formant la transition entre les couches b et c.* A partir du tiers supérieur de la formation *c*, nous voyons apparaître d'abord *Globotruncana globigerinoides* Brotzen, *G.* cf. *imbricata* Mornod, *G.* cf. *helvetica* Bolli, *G. lapparenti bulloides* Vogler, puis, tout à fait au sommet, *G. lapparenti lapparenti* Brotzen, *G. lapparenti inflata* Bolli, *G. lapparenti tricarinata* Quereau, *G.* cf. *linneiana* d'Orb., association qui indique déjà un niveau élevé du Turonien.

La formation *d* n'a pas fourni de fossile caractéristique; nous pensons cependant qu'elle appartient au Turonien, car l'assise *e*, qui la surmonte, peut être encore rapportée à cet étage. En effet, cette dernière séquence nous a livré un Inocérame qui, d'après J. Sornay, est probablement une forme du groupe de *I. schloenbachi* J. Böhm, espèce qui caractérise le Turonien terminal. La microfaune, peu abondante à ce niveau (nous n'avons rencontré en section que *Globotruncana lapparenti lapparenti* Brotzen et *G.* cf. *marginata* Reuss), ne permet pas de confirmer entièrement cette attribution.

L'apparition, dès la base des couches *f*, de *Globotruncana fornicata* Plummer et de *G.* sp. ex. gr. *concavata* Brotzen indique un âge coniacien. Rappelons, à ce sujet, certaines discussions récentes [4], concernant la répartition de *G. concavata*, d'après lesquelles il semble désormais prouvé que ce microfossile, autrefois considéré comme espèce-guide du Santonien, existe dès le Coniacien inférieur. En compagnie de ces deux espèces importantes, on reconnaît de nombreuses autres *Globotruncana* : *G. sigali* Reichel, *G. globigerinoides* Brotzen, *G.* cf. *angusticarinata* Gandolfi, *G.* cf. *imbricata* Mornod, *G. lapparenti lapparenti* Brotzen, *G.* cf. *lapparenti bulloides* Vogler, *G. lapparenti* cf. *tricarinata* Quereau.

Cette association faunistique se retrouve, plus ou moins appauvrie, jusqu'au sommet de l'assise *f*, mais sa présence ne suffit pas pour préciser l'âge des niveaux les plus élevés de la série. Remarquons toutefois que,

dans le Diois et les Baronnies, l'existence du Santonien marin paraît fort douteuse; il est donc probable que les couches *f* sont en totalité coniaciennes. Une étude ultérieure, utilisant en particulier d'autres groupes de Foraminifères (*Gavelinella*, *Globorotalites*, *Gümbelina*), ainsi que les Ostracodes, nous permettra peut-être de résoudre cette question.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) V. PAQUIER, *C. R. des Collab., Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 7, n° 44, 1895, p. 123; *Trav. Lab. géol. Univ. Grenoble*, 5, n°s 2-3, 1900, p. 373-806, I-VIII, 12 figures, 8 planches (*Thèse*).

(2) J. SORNAY, *Trav. Lab. géol. Univ. Grenoble*, 27, 1948-1949, p. 35-273, 31 figures, 12 planches (*Thèse*).

(3) La détermination de la macrofaune recueillie a été effectuée par M. J. Sornay et par le Général Collignon.

(4) J. KLAUS, *Éclog. géol. Helv.*, 53, n° 2, 1960, p. 694-704, 1 figure; I. DE KLASZ, *C. R. somm. Soc. géol. Fr.*, fasc. 5, 8 mai 1961.

(*Laboratoire de Géologie appliquée, Faculté des Sciences, Lyon.*)

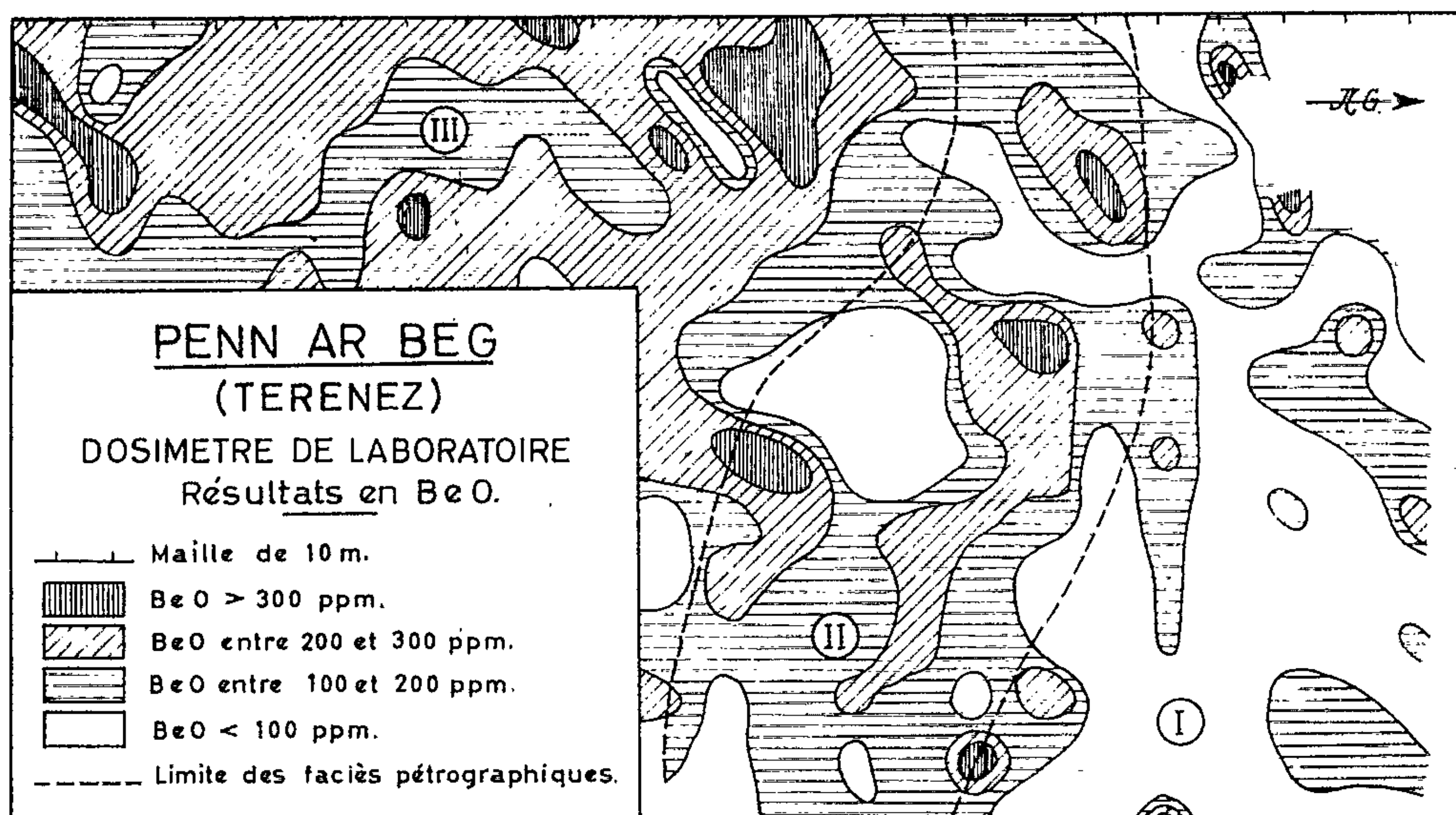
MÉTALLOGÉNIE. — *Sur un phénomène de concentration du béryllium, dans un granite de la baie de Morlaix (Finistère).* Note (*) de MM. **Lucien Burnol** et **Louis Chauris**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'existence de quelques cristaux de béryl dans de petites lentilles de pegmatites intragranitiques, à l'île Sterec en Plouézoc'h et à Terenez en Plougasnou (baie de Morlaix), a été signalée jadis par le Hir [(1), (2)]. Lors des premières recherches pour le béryllium dans le massif armoricain, en 1959, des analyses spectrographiques ont révélé des teneurs anormalement élevées *dans le granite* même de ces deux localités. Ces résultats ont été complétés depuis par une étude détaillée sur le terrain et au laboratoire. L'ensemble de ces observations précise le *comportement géochimique du béryllium dans l'évolution d'un massif granitique considéré.*

1 Cadre géologique. — La baie de Morlaix correspond à l'affleurement d'un massif de granite d'âge hercynien, intrusif dans une série de terrains variés. Dans la partie orientale de la baie, seule considérée ici, ce granite présente trois faciès du Nord au Sud : *a.* au Nord, le granite est porphyroïde, à microcline avec microperthites, albite-oligoclase, quartz, biotite dominante et un peu de muscovite (K_2O = 5,6 %; Na_2O = 3,7 %); *b.* dans la zone intermédiaire, le granite perd son caractère porphyroïde et renferme très localement du grenat et de la tourmaline bleue; *c.* au Sud, ce faciès fin à biotite passe insensiblement à un granite clair, à microcline, albite, quartz, muscovite, tourmaline squelettique bleue, topaze, grenat et fluorine (3); ce granite à caractère sodique (K_2O = 3,8 %; Na_2O = 4,5 %), affleure d'une manière discontinue, sur 2 km, de l'île Noire à la pointe Terenez; il forme ainsi la limite Sud-Est du granite de la baie de Morlaix au contact du gabbro épidioritisé de Barnenez qu'il recoupe à l'emporte-pièce. Dans ce granite clair existent diverses formations filoniennes; de rares lentilles pegmatitiques de faible dimension renfermant quelques cristaux de béryl (Sterec, Terenez); un petit filonnet de quartz à mispickel et galène (Sterec); de nombreux filonnets de quartz de basse température, associés parfois à de la fluorine (île Blanche et île Garrau) (4). A la pointe de Terenez (Penn ar Beg), ce faciès clair présente localement une évolution plus poussée, comprenant successivement les termes suivants : un granite saccharoïde à muscovite rare : un granite à muscovite où l'augmentation de la teneur en muscovite correspond à la diminution de la teneur en microcline; un granite à muscovite avec des passées de *greisen* à cassitérite et de *tourmalinite* bleue, tous deux très pauvres en soude (Na_2O = 0,40 % et 1,37 % respectivement). Les granites à muscovite sont riches en mispickel disséminé. Au village même de Terenez, toujours dans ce faciès, et en bordure immédiate des roches basiques, affleure un granite à albite, quartz et tourmaline.

Enfin, à proximité de Terenez, le gabbro est recoupé par un laccolite de microgranite.

En résumé, les affleurements de granite allant de l'île Noire à Terenez apparaissent comme la *zone de bordure évoluée* du granite porphyroïde à biotite de la baie de Morlaix, au contact des gabbros de Barnenez formant *toit*. Le passage entre les différents faciès s'accompagne d'une diminution progressive du caractère potassique; le granite de bordure présente au contraire un caractère sodique. Cette évolution correspond essentiellement à un développement de muscovite, d'albite et de tourmaline; elle s'est poursuivie localement par la formation de greisens et de tourmalinites.



I, granite saccharoïde à muscovite rare; II, granite à muscovite; III, granite à muscovite avec passées de greisens et de tourmalinite.

2. Géochimie du béryllium. — L'étude de la répartition du béryllium dans les différents ensembles décrits ci-dessus a été faite en laboratoire par des analyses spectrographiques, des dosages au dosimètre de laboratoire, des études pétrographiques et sur le terrain par des mesures systématiques au détecteur portatif de béryllium.

a. Les résultats des *analyses spectrographiques* sont les suivants :

— Roches du socle (gabbro, schiste). Teneurs inférieures à 5.10^{-6} Be (3 éch.).

— Granite porphyroïde à biotite : 10.10^{-6} Be (2 éch.).

— Granite des îles Noire, Blanche, Garrau, Sterec et de Terenez : 7 (2 éch.), 8,9 (4 éch.), 13, 19, 20, 24 (2 éch.), 27 (2 éch.), 28 (5 éch.), 32 (2 éch., 40 (7 éch.), 53, 55(2 ché.), 100, 120 (6 éch.), 160, 170, (5 éch.), 180 (3 éch.) 10^{-6} Be.

— Greisen : 4, 6, 9, 10^{-6} Be; tourmalinite : 18, 25 (2 éch.), 10^{-6}; microgranite : 3.10^{-6} Be.

Ces analyses montrent que les teneurs élevées ne se rencontrent que dans les granites évolués, albitiques.

b. Les études pétrographiques, malgré la réalisation de plusieurs lames minces, n'ont pas permis jusqu'à ce jour de déterminer le porteur de béryllium dans les granites évolués. Il est probable que ce porteur soit le béryl dont le repérage au microscope, surtout lorsqu'il se présente en très petits éléments, est difficile, et dont la répartition ne doit pas être uniforme comme le prouvent les variations de teneurs révélées par les analyses.

c. Ces variations sont précisées par les mesures systématiques (plus de 200), effectuées *au bérylomètre de terrain et de laboratoire*, à la maille de 10 m, à la pointe de Terenez (Penn ar Beg.)

La concentration du béryllium va en augmentant du granite saccharoïde au granite riche en muscovite; les concentrations les plus importantes sont observées dans l'ensemble constitué par le granite à muscovite passant localement au greisen. Toutefois, la teneur en béryllium des greisens proprement dits est très faible : il est possible qu'au cours de la greisenisation, le béryllium ait été lessivé.

3. Conclusion. — L'étude du granite de la baie de Morlaix met en évidence une relation entre l'évolution pneumatolytique *in situ* de ce granite sur sa bordure sud et la concentration en béryllium. Cette évolution se traduit par un appauvrissement en potassium et un enrichissement en sodium correspondant à une albitisation. *La concentration en béryllium coïncide avec l'albitisation.* Les phases postérieures (greisenisation et tourmalinisation) correspondent vraisemblablement à un lessivage du béryllium. Ce phénomène de concentration du béryllium dans un granite albitique a été récemment décrit en U. R. S. S. (5).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) *Echo de Morlaix* du 6 mai 1942.

(2) *C. R. des Congrès Sc. de Fr.*, Saint-Brieuc, 1872; in *Mém. Soc. Émulation des Côtes-du-Nord*, 2, 1874, p. 28.

(3) E. Jérémine et A. Sabdréa, *Ann. Soc. géol. Nord*, 71, 1952, p. 80.

(4) La galène et la fluorine ont été signalées pour la première fois par M. B. Mulot (communication orale).

(5) I. Ja. Nekrasov, *Géol. rudn. Mestorozhd.*, S.S.S.R., no 2, 1960, p. 32. trad. B.R.G.M. no 2 608.

(*Bureau de Recherches géologiques et minières* et *Laboratoire de Minéralogie de l'Institut Catholique de Paris.*)

SÉISMOLOGIE. — *Courbure et inclinaison des couches dans la croûte terrestre, en rapport avec les amplitudes sismiques des fortes explosions.* Note (*) de MM. **Pierre Mechler** et **Yves Rocard**, présentée par M. Francis Perrin.

Le tir nucléaire Saharien du 1er mai 1962 permet par l'analyse des amplitudes sismiques au loin d'obtenir une description de la courbure de la discontinuité Mohorovicic dans les divers azimuts autour du pont d'explosion.

Nous avons déjà eu l'occasion d'attirer l'attention sur le fait que l'amplitude des signaux sismiques à toute distance dépassant 150-200 km, au moins en ce qui concerne les ondes de volume, pouvait être fortement modulée par l'inclinaison et la courbure des diverses couches constituant la croûte terrestre et notamment de la discontinuité de Mohorovicic. Il serait naturellement très intéressant, à partir d'amplitudes mesurées, de remonter à la structure de la croûte, au moins à sa forme géométrique. Le problème a une solution si l'on accepte la simplification d'une seule couche de discontinuité qui serait la « Moho » avec, lorsque les ondes la traversent, une réfraction avec un rapport de vitesse — un indice de réfraction — d'environ 8 000 à 6 000 m/s, soit 4/3, pour les ondes dites P_n.

Le grand nombre de signaux sismiques obtenus dans le monde entier lors de l'explosion nucléaire souterraine française du 1er mai 1962 au Hoggar permet de tenter un tel travail. Les signaux dont nous nous sommes servis sont ceux des stations du réseau sismique mondial.

Si l'on porte sur une carte azimut-distance centrée sur le point de tir l'amplitude donnée par chaque station en la rapportant à sa position, on voit des irrégularités qui peuvent être considérables pour des stations voisines. Comme les ondes qui remontent à un séismographe à travers la croûte percent la couche Moho dans un cercle qui n'a guère plus de 30 à 60 km de rayon, il est logique d'attribuer les inégalités dans des stations voisines à la focalisation *sous les stations*. Si, par contre, on observe des inégalités d'amplitude liées à de larges variations d'azimut et de distance (des dizaines de degrés) il est logique de les attribuer à la focalisation *au départ des signaux, sous le point de tir*. On fait ici, il est vrai, l'hypothèse d'une propagation uniforme en azimut dans la terre aux grandes profondeurs, mais cette hypothèse est raisonnable, des constatations contraires n'ayant jamais été faites, et les roches de plus en plus comprimées uniformisant leurs propriétés en profondeur.

La figure 1, où S est le point de tir, est le diagramme obtenu en faisant la moyenne des amplitudes de tous les signaux reçus sur des zones étendues (20° en distance, 30° en azimut), avec une légère correction de distance quand, par exemple, toutes les stations d'une zone sont trop proches d'un des bords.

Pour fixer les idées, dans la zone B de 80° à 100° en distance, 180 (en angströms) représente une moyenne de 11 nombres allant de 40 à 550.

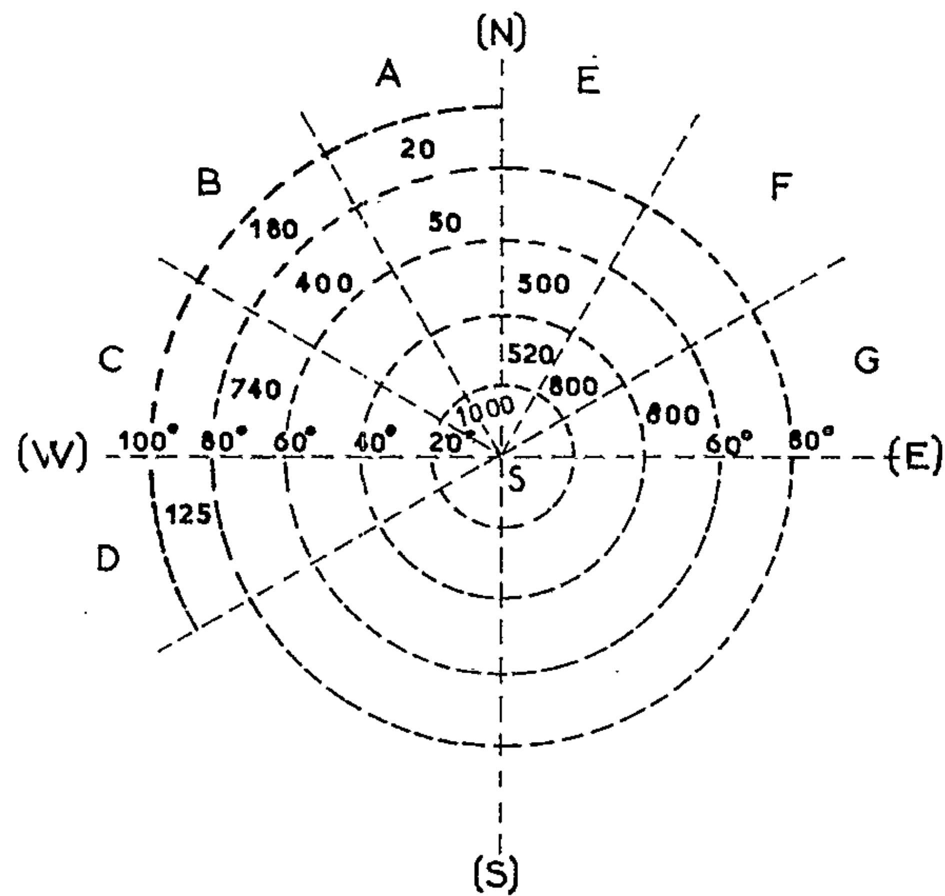


Fig. 1.

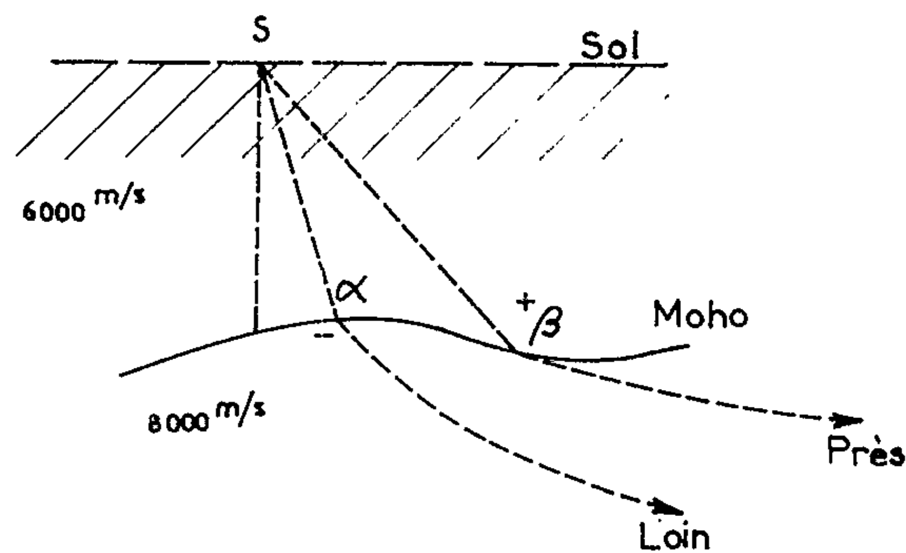


Fig. 2.

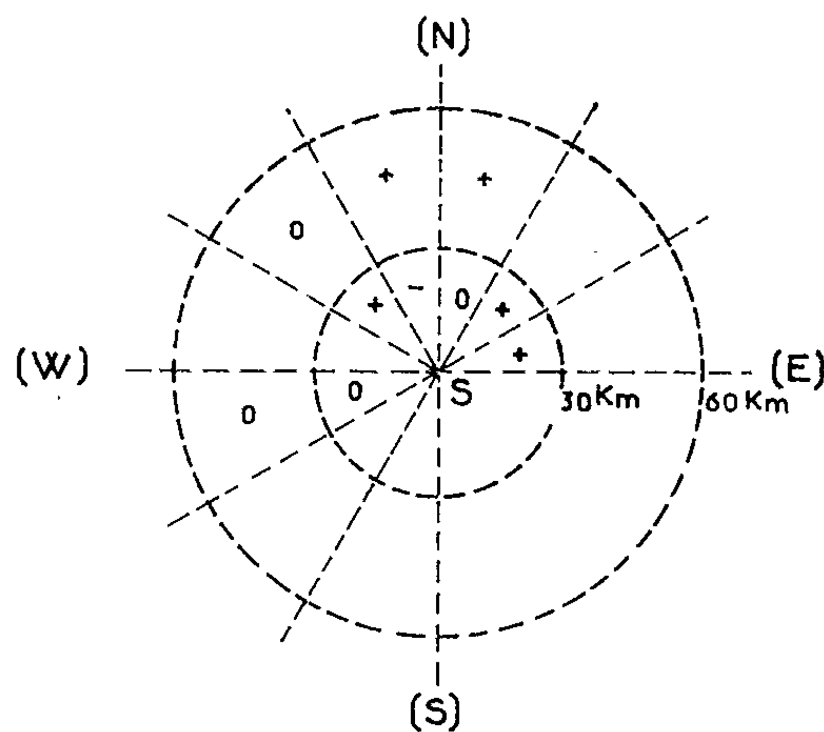


Fig. 3.

Mais dans la zone A voisine, 20 est l'amplitude de l'unique station de cette zone (Alaska), 50 est la moyenne de deux stations, tandis qu'à moins

de 20° on trouve en Espagne 1000 Å, valeur élevée pour cette distance. Compte tenu de l'allure générale connue de la propagation sismique, nous concluons que vers l'azimut A, les ondes P_n issues du point zéro (peu éloigné de 24° Nord et 5° Est) ont été focalisées aux petites distances (20°) et défocalisées aux grandes; dans l'azimut B il faut admettre une bonne focalisation au loin (80-100°) qui appelle une défocalisation auprès. Les secteurs C, G sont favorisés aux moyennes distances, et l'on peut déjà dire que la propagation vers l'Est et l'Ouest a été favorisée dès l'émission, par rapport au Nord.

Considérons alors, sous le point source S, un profil Moho possible dans un azimut donné (*fig.* 2). Les rayons sismiques autour de α qui ressortent au loin, sont défocalisés (par application de la loi $\sin i = n \sin r$) en traversant une Moho concave vers le bas (signe —); des rayons autour de β, qui ressortent plus près, sont au contraire focalisés avec une Moho concave vers le haut (signe +).

En interprétant les nombres portés sur la figure 1, il est alors possible de proposer le diagramme de la figure 3, où l'on a indiqué par les signes + et — jusqu'à 30 et 60 km environ de distance horizontale sous le point source S, les courbures Moho qui ont le sens voulu pour rendre compte de la distribution d'ensemble des amplitudes sismiques observées. Les régions semblant peu courbées sont indiquées par un signe O.

Dans une autre publication, nous montrerons que les profils de couche Mohorovicic qu'on pourrait tracer d'après ces indications sont absolument conformes aux indications de la gravimétrie, du moins à l'allure générale que laissent supposer les anomalies de Bouguer.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

AÉRONOMIE. — *Effet de l'explosion thermonucléaire à très haute altitude du 9 juillet 1962 sur la résonance de la cavité terre-ionosphère. Interprétation.* Note (*) de MM. **Roger Gendrin** et **Robert Stefant**, présentée par M. Jean Coulomb.

L'abaissement des fréquences de résonance de la cavité terre-ionosphère, consécutif à l'explosion thermonucléaire du 9 juillet 1962 [1] peut être interprété par une augmentation de l'ionisation des basses couches de l'ionosphère provoquée par la pénétration de particules de haute énergie. Une méthode graphique permet d'obtenir un ordre de grandeur de cette augmentation.

Rappel de théorie. — La théorie simplifiée de la résonance fait intervenir [2] un paramètre $\alpha = 1/h\sqrt{\sigma\mu}$ lié au rapport des fréquences, théorique f_n et expérimentale f'_n (h, hauteur de réflexion; μ, perméabilité magnétique; σ, conductivité à la hauteur h). Si N est le nombre d'électrons par centimètre cube et ν la fréquence de collisions en s^{-1}, on a

$$\sigma = 2{,}83.10^{-2}\frac{N}{\nu}\ \text{mho/m}. \tag{1}$$

Il est possible, à l'aide d'abaques [[2], [3]], de déterminer α à partir du rapport expérimental f'_n/f_n (tableau I). Malheureusement, la connaissance de α ne permet pas de déterminer h et σ, mais les courbes α = Cte représentent une relation entre les valeurs possibles de ces deux grandeurs (*fig.* 1). Il faut une hypothèse de travail supplémentaire.

Tableau I.

Valeur des paramètres d'absorption avant et après l'explosion.

		n. 1.	2.	3.	4.
	f_n	10,6	18,3	25,9	33,6
Avant l'explosion	f'_n	7,95	14,15	20,3	26,5
	α	6,8	7,7	8,8	9,6
Après l'explosion	f'_n	7,4	13,6	19,4	25,6
	α	8,1	9,0	10,5	11,4

Modèle ionosphérique. — L'approximation des valeurs théoriques des fréquences de collisions [4] ou des résultats expérimentaux sur les densités électroniques [5], conduit aux formules

$$\nu = 3.10^7\exp[-0{,}153(h-60)],$$
$$N_1 = 0{,}2\ \exp[0{,}3\ (h-60)]\ \text{de nuit},$$
$$N_2 = 26{,}7\ \exp[0{,}2\ (h-60)]\ \text{de jour},$$

où h est exprimé en kilomètres.

La résonance de la cavité faisant intervenir un hémisphère éclairé et un hémisphère obscur, c'est la courbe N_3 que nous avons adoptée, un peu arbitrairement, comme représentative de l'état moyen avant l'explosion (*fig.* 2). Il est alors possible de construire N_3/ν en fonction de h et

d'obtenir son intersection avec les courbes $\alpha = \text{Cte}$. On obtient ainsi quatre points d'intersection dont l'altitude est comprise entre 74 et 76 km, en bon accord avec la hauteur effective donnée par un autre auteur ([6]).

Abaissement des couches ionosphériques. — Pour les très basses fréquences, la valeur de l'indice de réfraction est donnée par la formule

$$n^2 \simeq 1 + \frac{i\sigma}{\varepsilon_0 \omega}. \tag{2}$$

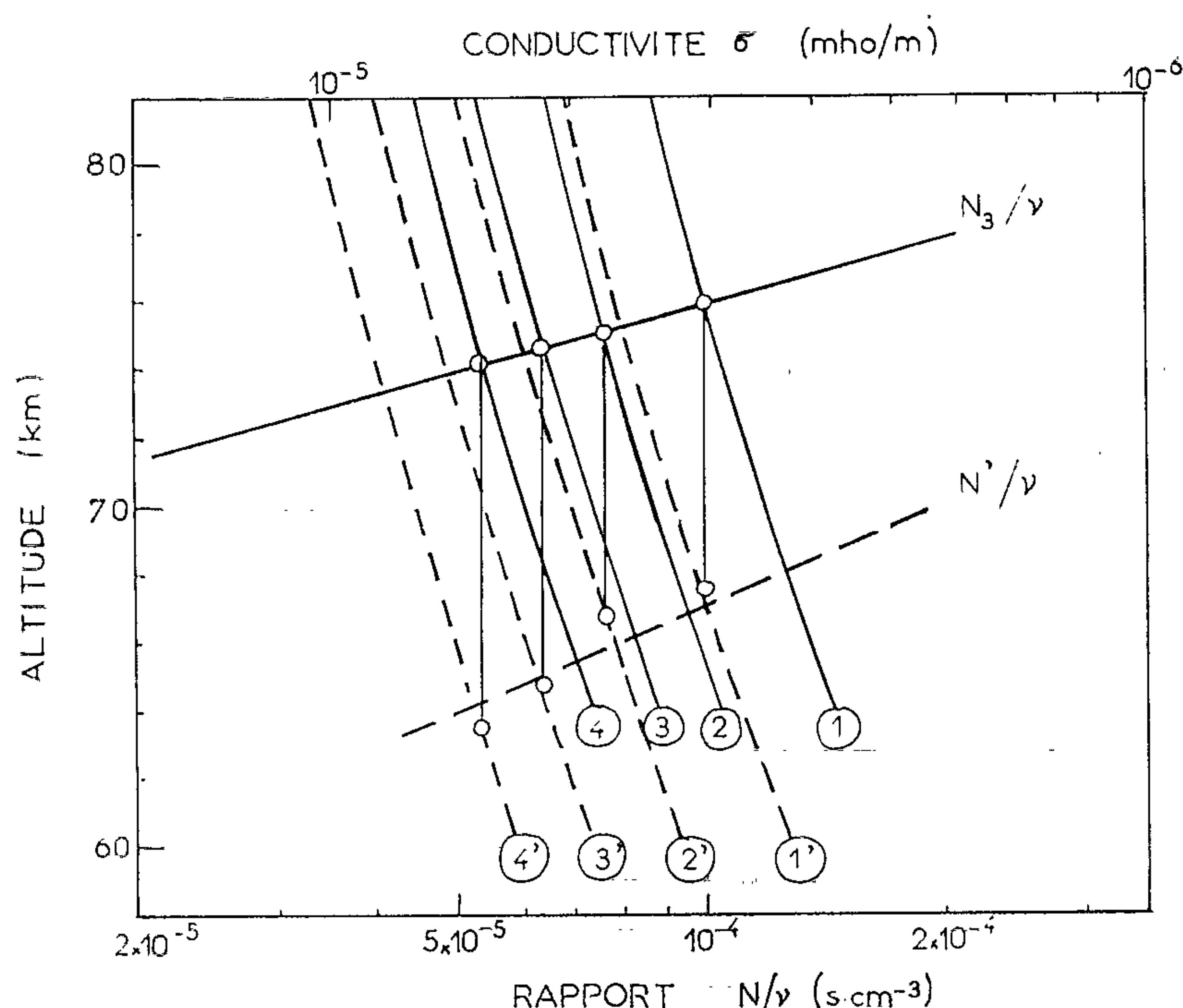


Fig. 1. — Conductivité en fonction de l'altitude. Courbes $\alpha = \text{Cte}$ pour les quatre premiers modes : en trait plein, avant l'explosion; en trait interrompu, après. Sont également représentés : les modèles initial (N_3/ν) et final (N'/ν).

Il est logique de penser que la réflexion d'une fréquence donnée a toujours lieu pour une même valeur de l'indice, donc de la conductivité. Aux quatre points trouvés précédemment correspondent ainsi quatre points sur les nouvelles courbes $\alpha = \text{Cte}$. On en déduit une nouvelle loi de variation de N/ν, donc une nouvelle courbe $N'(h)$. On s'aperçoit que le niveau moyen de réflexion est passé de 75 à 66 km et qu'à cette altitude la densité électronique moyenne est passée de 2 à 10^3 électrons/ml. Par ailleurs, que la pente de la courbe $N'(h)$ ait changé montre que l'augmentation de densité est surtout notable aux basses altitudes, comme il est normal pour une ionisation supplémentaire produite par la pénétration de particules énergiques.

Discussion. — Il ne faut pas se dissimuler ce qu'une telle méthode a de grossier : elle ne donne pas l'interprétation des différentes valeurs

de σ pour les différents modes et elle est fondée sur l'hypothèse d'une discontinuité dans la répartition électronique, alors que le profil réel est exponentiel. Une théorie correcte, tenant compte d'un tel profil, a été appliquée pour la détermination des fréquences de résonance (5), mais l'opération inverse est impraticable. La méthode graphique a l'avantage de fournir rapidement un ordre de grandeur de la variation cherchée (7).

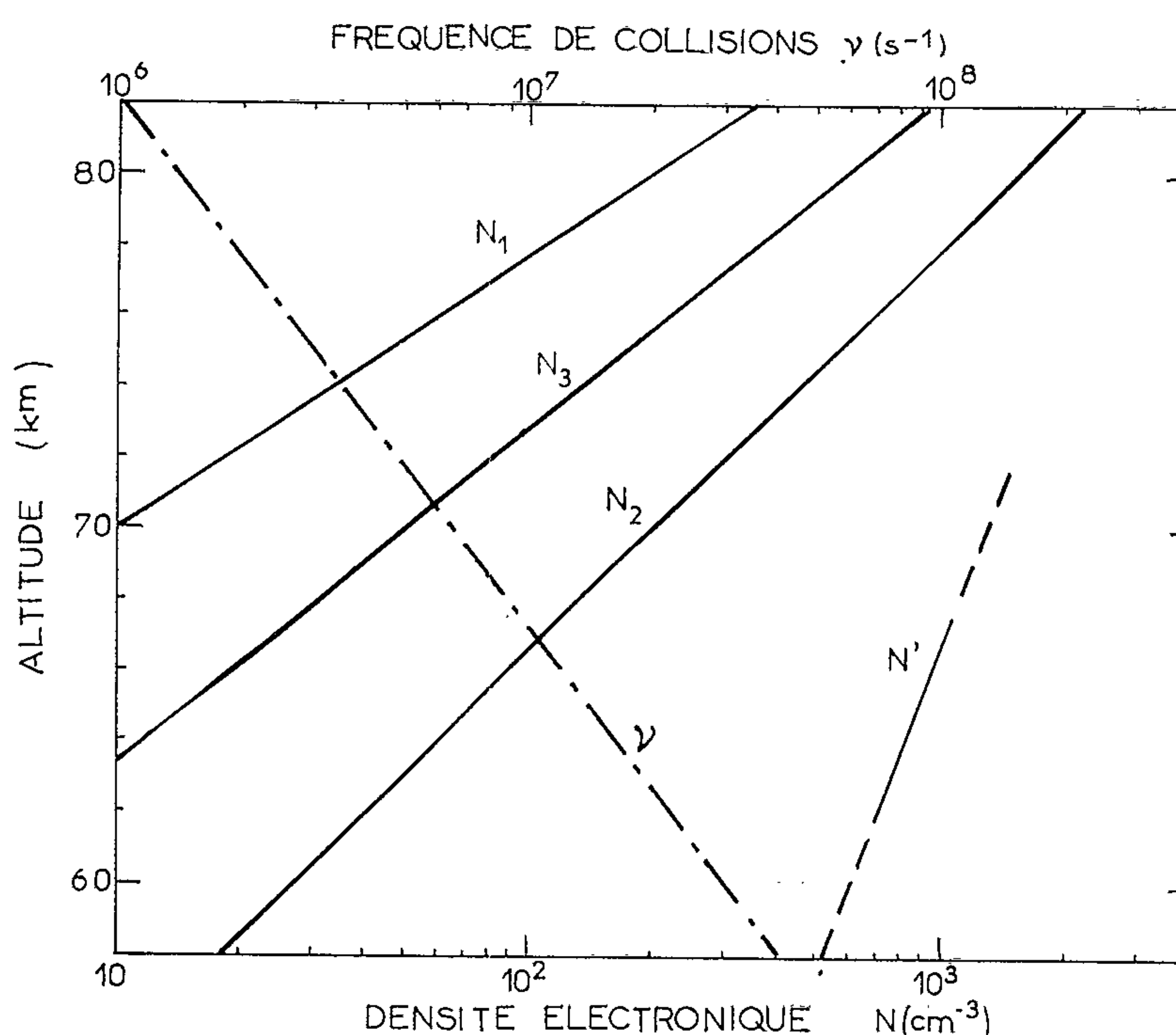


Fig. 2. — Modèles de densité électronique et de fréquence de collisions en fonction de l'altitude. Avant l'explosion : N_1, de nuit; N_2, de jour; N_3, moyenne. Après l'explosion : N′. On admet que ν n'a pas varié bien qu'un léger échauffement ait pu se produire.

(*) Séance du 22 octobre 1962.

(1) R. GENDRIN et R. STEFANT, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2273.

(2) *Voir* par exemple : H. R. RAEMER, *J. Geoph. Res.*, 66, 1961, p. 1580.

(3) F. W. CHAPMAN et D. L. JONES, *Earth Ionosphere Cavity resonances and effective ionospheric parameters*. Communication présentée à la *Conférence de l'A. G. A. R. D.*, Munich, septembre 1962.

(4) M. NICOLET, *La constitution et la composition de l'atmosphère supérieure* (tableau XXIV). Cours professé à l'École d'Été de Physique théorique, Les Houches, juillet 1962.

(5) J. GALEJS, *J. Geoph. Res.*, 67, 1962, p. 2715.

(6) M. J. RYCROFT, *Experimental Studies of the earth cavity resonance*. Communication présentée à la *Conférence de l'A. G. A. R. D.*, Munich, septembre 1962.

(7) Ce travail a été effectué dans le cadre du Groupe de Recherches ionosphériques (C. N. E. T., C. N. R. S., I. P. G.).

(*Service d'Aéronomie du C. N. R. S.*,
Fort de Verrières-le-Buisson, Seine-et-Oise
et *Institut d'Électronique*, B. P. n° 4, *Orsay, Seine-et-Oise*.)

AÉRONOMIE. — *Sur la mesure de la densité spectrale d'un bruit en géophysique. Application à la cavité terre-ionosphère.* Note (*) de MM. **René Benoît** et **André Houri**, présentée par M. Jean Coulomb.

Les émissions T. B. F. naturelles peuvent être considérées comme un processus aléatoire stationnaire. La théorie de la propagation de ce bruit dans le domaine 5-50 c/s a été faite par Raemer (1), et prévoit un spectre présentant une série de maximums caractéristiques des modes de la cavité terre-ionosphère. Dans un précédent article (2), nous avons montré qu'on pouvait mesurer la densité spectrale par filtrage et intégration. Nos résultats ont été obtenus à partir d'un appareillage sommaire, et ne visaient qu'à prouver la possibilité d'utiliser une méthode statistique.

Nous avons repris ce travail à l'aide d'un montage plus élaboré. Les figures ci-contre donnent deux exemples de spectres obtenus à partir de ce dernier montage. Elles permettent de comparer nos résultats à ceux de Balser et Wagner [d'après Galejs (3)] qui utilisent une méthode digitale (4) et aux résultats théoriques de Galejs (3). On peut tirer de ces courbes deux conclusions : 1° Le modèle de Galejs, qui part d'un profil exponentiel pour les densités électroniques de la basse ionosphère, s'applique remarquablement bien aux résultats expérimentaux. 2° Réciproquement on peut penser que cet accord constitue un bon test de la correction de notre méthode d'analyse spectrale.

Elle peut évidemment être appliquée dans un très vaste domaine du spectre des fréquences, et elle sera particulièrement utile pour « sortir » le spectre utile d'un bruit de fond important.

Méthode d'analyse. — Les signaux captés par le procédé du fluxmètre-intégrateur, ont été enregistrés sur un ruban magnétique par M. Stéfant qui a bien voulu nous en communiquer une copie.

La lecture du ruban à une vitesse 40 fois plus grande que la vitesse d'enregistrement permet de faire les mesures dans la bande 40-1500 c/s. Les signaux de lecture V (t) sont filtrés par un amplificateur sélectif, puis détectés avec une constante de temps de l'ordre de quelques secondes.

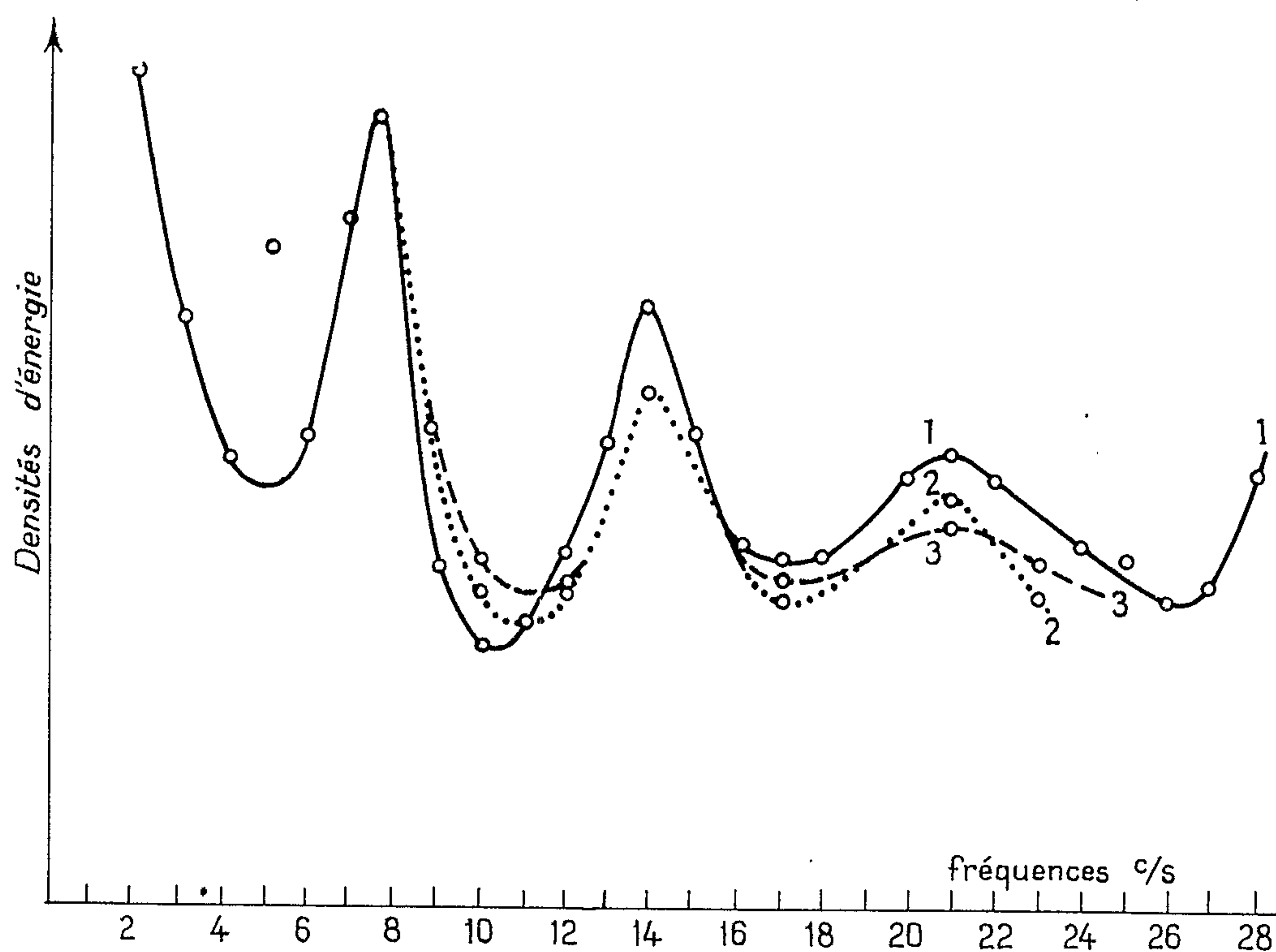
Le courant redressé ainsi obtenu est enregistré tout en subissant une intégration analogique dont la durée peut être choisie à volonté. On obtient ainsi la quantité

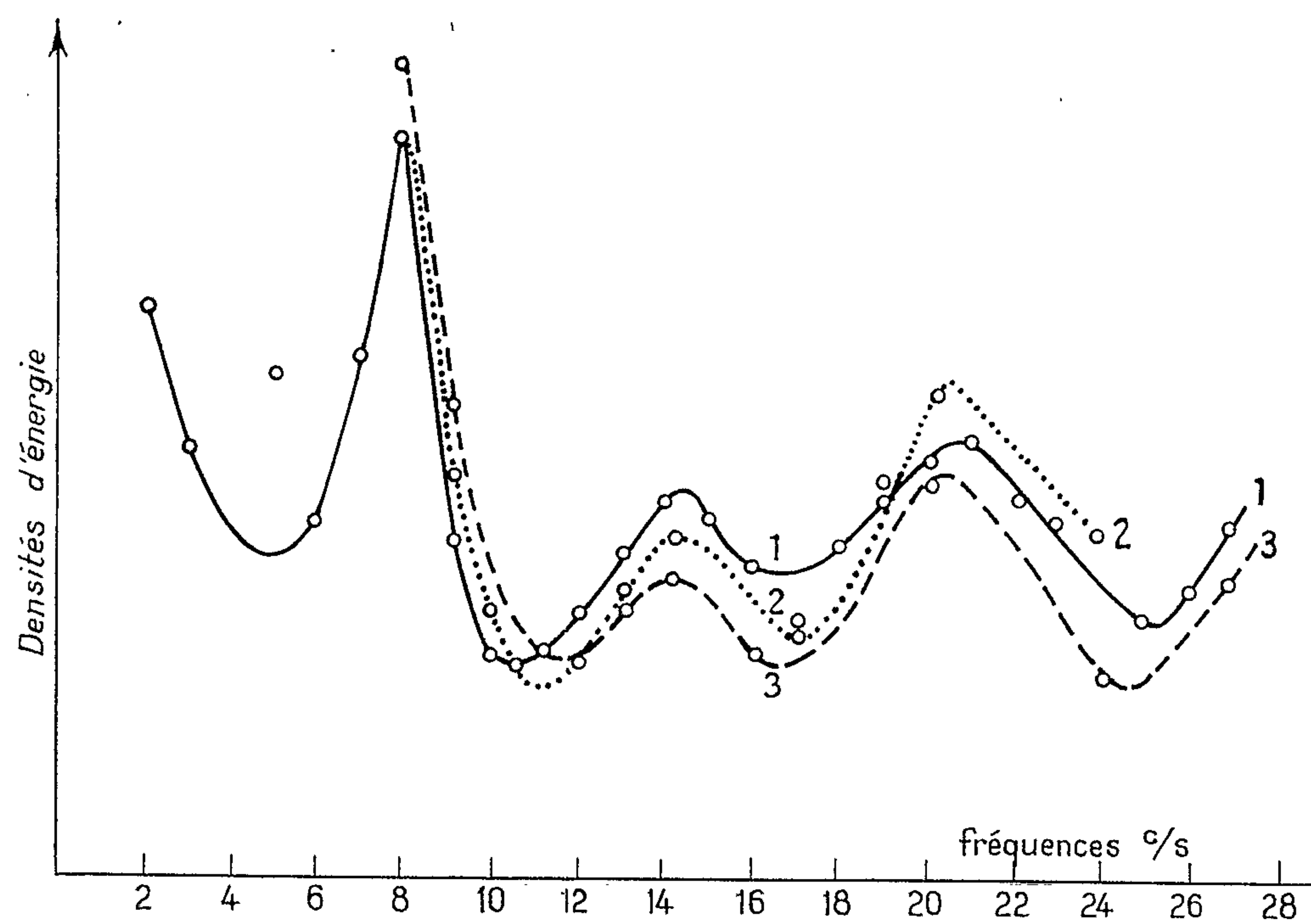
$$M = \int_{t_0}^{t_1} |u(t)|\, dt.$$

Nous avons intégré pendant 1 h; l'étude de la variation diurne du spectre, faite par Balser et Wagner, montre que le spectre varie peu pendant ce temps d'intégration.

Posons $t_1 - t_0 = 1$ pour simplifier.

Il s'agit d'un processus stationnaire, et $u(t)$ varie peu.





1. Résultats expérimentaux obtenus par filtrage et intégration.
2. Résultats expérimentaux de Balser et Wagner.
3. Courbe théorique de Galejs.

Dans ces conditions,

$$M^2 \simeq \int_{t_0}^{2t_1} |u(t)|^2 dt \quad \text{ou} \quad M^2 = \overline{|u(t)|^2}.$$

D'après le théorème de Parseval :

$$\overline{|u(t)|^2} = 2\int_0^{\infty} P(N, N_1)\, dN,$$

en désignant par $P(N, N_1)$ le spectre du signal après passage dans un filtre centré sur N_1 [*cf.* ([5])].

Soit $F(N, N_1)$ la fonction de transfert de ce filtre.

$$M^2 = 2\int_0^{\infty} F^2(N, N_1)\, P(N)\, dN, \tag{1}$$

$P(N)$ est la densité spectrale du signal étudié $V(t)$.

Si nous choisissons un filtre tel que $P(N)$ varie peu dans la bande passante ΔN centrée sur N_1, (1) s'écrit

$$M^2 \simeq 2P(N_1)\, S(N_1), \tag{2}$$

avec

$$S(N_1) = \int_{N_1 - \frac{\Delta N_1}{2}}^{N_1 + \frac{\Delta N_1}{2}} F^2(N, N_1)\, dN,$$

l'équation (2) donne la quantité cherchée $P(N_1)$, à partir du résultat expérimental M, pourvu qu'on évalue $S(N_1)$ en traçant la courbe de réponse du filtre à partir d'un générateur B. F.

(*) Séance du 22 octobre 1962.
([1]) RAEMER, *J. Geo. Res.*, 66, 1961, p. 1596.
([2]) BENOÎT et HOURI, *Ann. Geoph.*, 17, 1961, p. 370.
([3]) GALEJS, *J. Geo. Res.*, 67, 1962, p. 2715.
([4]) BALSER et WAGNER, *J. Geo. Res.*, 67, 1962, p. 4081.
([5]) BLACKMAN et TUKEY, *The measurement of power spectra*, Dover publications, New York, 1958.

(*Institut de Physique du Globe, Paris.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Le noyau quiescent de la Betterave à sucre et la synthèse protidique.* Note (*) de MM. **Maurice Hocquette**, **Bernard Montuelle** et Mme **Robert Poix**, présentée par M. Roger Heim.

Des fragments de racines de Betterave à sucre soumis à une atmosphère d'azote sont capables d'utiliser ce gaz. Les observations cytologiques et les dosages chimiques montrent son intervention dans le métabolisme cellulaire. L'emploi de l'azote marqué confirme ces résultats.

Dans des publications antérieures, seul ou avec des collaborateurs, l'un de nous (M. Hocquette) a prouvé qu'il existait des relations si intimes entre la structure d'un noyau quiescent et le métabolisme cellulaire que la morphologie du premier traduisait le second par des images cytologiques précises. L'aspect d'un noyau quiescent permet une évaluation de l'activité physiologique de la cellule.

La démonstration avait été, en particulier, donnée en faisant varier le mode de cultures d'axes hypocotylés de haricot et il avait été montré que l'augmentation du nombre des amas chromatiques, l'accroissement de volume du nucléole, l'apparition à la surface de celui-ci d'une couche plus ou moins riche en acide désoxyribonucléique, le bourgeonnement nucléolaire et quelquefois la fragmentation nucléaire étaient l'indice d'une grande activité cellulaire. Elle se manifesterait, dans le noyau, au niveau des régions hétérochromatiques par une synthèse protidique. Dans les conditions expérimentales envisagées, les éléments qui concouraient à cette synthèse étaient, d'une part, une combinaison de glucides fournis et de substances phosphorées issues de la dégradation des nucléoprotéides préexistants; d'autre part, à la fois non seulement l'azote minéral se trouvant au début des expériences dans les cellules, mais aussi les nitrates absorbés par les axes et résultant de phénomènes de nitrification à la surface de ceux-ci.

Une confirmation de ces interprétations nous a été fournie par des expériences sur des racines de Betterave à sucre (planchons), placées dans une atmosphère d'azote à une pression de 790 mm de mercure.

On constate qu'alors les noyaux et les nucléoles augmentent de volume. Par la méthode de Volkonsky, l'enchylème nucléaire se montre chargé de très nombreuses masses chromatiques azurophiles offrant toutes les mêmes caractères que les chromocentres, mais d'une grande diversité de forme et de taille; le nucléole fuchsinophile se trouve en état d'hyperactivité, sa périphérie est azurophile, il bourgeonne. Les formations nucléolaires néoformées offrent les mêmes caractères que le nucléole lui-même; une calotte seulement ou toute la surface est colorée en bleu. Dans les cas extrêmes elles peuvent même sortir du noyau. Celui-ci peut devenir amœboïde et se fragmenter.

Par les méthodes de Kjeldahl et de Joldbauer nous avons dosé l'azote nitrique et l'azote total dans une prise d'essai identique sur les betteraves avant et après le séjour dans l'azote gazeux. Les analyses indiquent un gain relativement élevé (de 10 à 12 %) d'azote total pour les tissus soumis à l'action de l'azote, beaucoup plus faible s'il existait à l'origine des nitrates dans la racine.

Des expériences semblables ont été faites en utilisant de l'azote marqué (^{15}N). Les analyses montrent que les quantités d'azote retrouvées sont plus importantes dans les fragments ayant séjourné dans une atmosphère d'azote que dans des témoins et, comme précédemment, les résultats par la technique de Joldbauer sont supérieurs à ceux obtenus par celle de Kjeldahl.

Il y a donc pour la Betterave comme pour le Haricot une concordance entre les résultats des observations cytologiques et ceux donnés par les méthodes chimiques.

Nous avions conclu, pour le Haricot, chez lequel nous avions suivi les diverses étapes de la dégradation et de la synthèse des protides, que des nitrates résultant de phénomènes de nitrification par des bactéries participaient, à la faveur d'une nutrition glucidique, à la synthèse des nucléoprotéides.

Des phénomènes analogues doivent se produire pour la Betterave avec l'intervention des glucides existant dans les cellules. Et il est remarquable de constater que l'azote total augmente moins dans les racines renfermant des nitrates avant l'expérience. La présence de ceux-ci gêne, en effet, souvent, le développement de certaines souches bactériennes nitrifiantes.

L'expulsion de substances figurées par le noyau a été observée surtout dans du matériel animal et pour des cellules à métabolisme intense (cellules cancéreuses, glandes séricigènes, cellules vitellogènes, cellules cœcales, tubes de Malpighi), moins fréquemment chez les végétaux (cellules d'hyperplasie, cellules reproductrices femelles de Bryophytes, cellules internodales de *Chara*, *Batophora* à certaines périodes). C'est à de tels phénomènes que pourraient correspondre nos observations, mais il faudrait, peut-être aussi, envisager un rapport entre les extrusions nucléaires, qui pourraient marquer une ultime phase de réaction cellulaire, et l'asphyxie.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(Institut de Botanique, Lille.)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Nouveau type de réaction et changement du type de réaction au photopériodisme chez le* Perilla ocimoides *L.* Note de MM. **Jacky Gaillochet, Claude-Charles Mathon** et **Maurice Stroun**, présentée par M. Roger Heim.

Dans les conditions expérimentales décrites, les diverses souches du *Perilla ocimoides* L. éprouvées peuvent présenter des changements du type de réponse photopériodique. La diminution de l'éclairement entraîne des réponses sténophotopériodiques (chez certains *Perilla* nyctipériodiques assez exigeants) et héméropériodiques (chez les *Perilla* nyctipériodiques peu exigeants). L'une des souches étudiées offre un type nouveau de réaction au photopériodisme : un optimum et un pessimum pour des photopériodes intermédiaires.

On a procédé à la caractérisation systématique des réponses au photopériodisme, dans le domaine des processus de mise à fleur, chez différentes souches du *Perilla ocimoides* L. *forma viridis*, provenant de l'Institut des plantes industrielles de Léningrad, ainsi que chez une souche du *Perilla ocimoides* L. *nankinensis* Voss., provenant des Établissements Clause.

Les recherches ont été effectuées en cases de végétation à photopériode et à éclairement contrôlés. La température, relativement peu variable ($22^{o} \pm 2$), a varié de la même manière dans chaque case.

La lumière, blanche, était fournie par des tubes fluorescents du type « lumière du jour de luxe » (Philips 55).

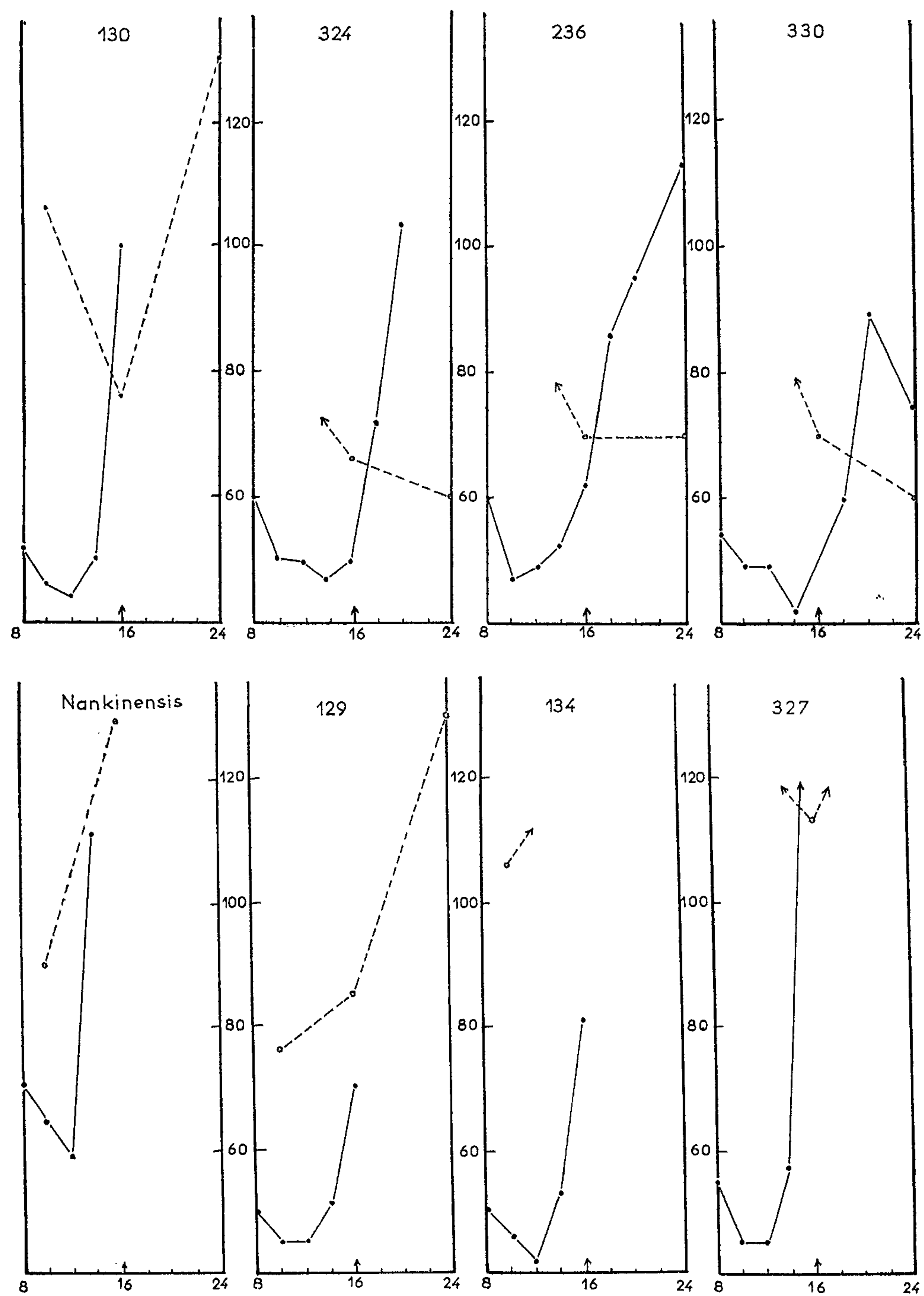
Effet de la lumière blanche de fort éclairement énergétique. — Pour un éclairement de l'ordre de 6 000 ergs/s.cm^2 au niveau des plantes, toutes les souches du *Perilla* éprouvées, sauf une, présentent les caractéristiques des « Plantes de jour court » (nyctipériodiques) plus ou moins exigeantes : la photopériode quotidienne maximale s'étalant de 14 à 24 h. L'une des souches (n° 330) manifeste des réactions d'un type encore non décrit : l'optimum se situe en photopériode de 14 h et le pessimum en photopériode de 20 h. Elle offre ainsi à la fois des caractéristiques sténophotopériodiques (photopériode optimale intermédiaire) et ambiphotopériodiques (photopériode pessimale intermédiaire).

Effet de la lumière blanche de faible éclairement énergétique. — Pour un éclairement de l'ordre de 2 300 ergs/s.cm^2 au niveau des plantes, par rapport aux réponses obtenues avec l'éclairement précédent :

— la photopériode maximale passe de 14 à 16 h pour la souche nyctipériodique la plus typique (« *nankinensis* »);

— elle passe de 16 à 24 h pour la souche n° 129, de 18 à 24 h pour la souche n° 130, de 20 à 24 h pour les souches n°s 324 et 236.

Dans ces conditions d'éclairement plus faibles, le type de réaction au photopériodisme peut changer. Du fait de l'augmentation de la photopériode maximale passant à 24 h, la souche n° 129 se caractérise non plus comme nyctipériodique absolue mais comme nyctipériodique préférante.

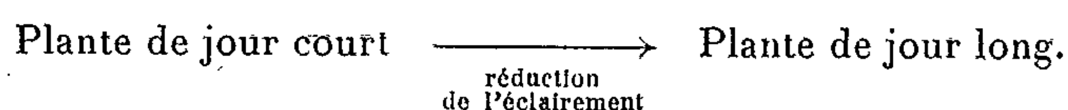


Représentation graphique des délais de mise à fleur
chez les souches éprouvées du *Perilla ocimoides* L.

Sur l'axe des abscisses, la photopériode quotidienne (en heures); sur l'axe des ordonnées, le délai d'apparition des fleurs (en jours) après le semis.

En trait plein, courbe représentative de la floraison de la variante soumise à un éclairement de 6 000 ergs/s.cm²; en tireté, de la variante soumise à un éclairement de 2 300 ergs/s.cm².

Certaines souches (n°s 327 et 130) apparaissent comme sténophotopériodiques, tandis que d'autres (n°s 324, 330 et 236) présentent les caractéristiques de l'héméropériodisme. Ainsi, ce sont les souches les moins exigeantes (à photopériode quotidienne maximale $\geqq$ 20 h en fort éclairement énergétique) qui établissent le type de changement de réaction au photopériodisme :



L'utilisation des éclairements péneliminaires en lumière blanche avait déjà permis de mettre en évidence : le passage du type « plante de jour court absolue » au type « plante de jour court préférante « [(1), (2), (3)], un conditionnement contradictoire des processus de mise à fleur (4) et une permutation des optimums chez des espèces ambiphotopériodiques [(4), (5)], un euryphotopériodisme chez une espèce sténophotopériodique (6). Les faits relatés dans la présente communication précisent l'effet des éclairements faibles chez les « Plantes de jour court » : augmentation de la photopériode maximale chez toutes les souches étudiées sauf une, passage possible du type « Plante de jour court absolue » au type sténophotopériodique et surtout passage du type « Plante de jour court plutôt préférante » au type « Plante de jour long ».

(1) S. J. Wellensiek, *C. R. Acad. Agric. Fr.*, 1960, p. 607.
(2) C. C. Mathon et M. Stroun, *C. R. Soc. biol.*, 155, 1961, p. 1387.
(3) J. Gaillochet, F. Grossin et C. C. Mathon, *Bull. Soc. bot. Fr.*, 108, 1961, p. 268.
(4) C. C. Mathon, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2102.
(5) C. C. Mathon et M. Stroun, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1478.
(6) A. Gandrieau, C. C. Mathon et F. Grossin, *C. R. Soc. biol.*, 155, 1961, p. 1981.

(*Service d'écophysiologie, Faculté des sciences de l'Université de Poitiers* et *Institut de Botanique de l'Université de Genève.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Culture* in vitro *de racines de* Citrus. Note de M[lle] **Danielle Dauthy**, MM. **Joseph-Marie Bové** et **Georges Morel**, présentée par M. Raoul Combes.

On a réalisé, *in vitro*, la culture indéfinie des racines de deux espèces de *Citrus*, en présence de kinétine qui paraît être un facteur de croissance essentiel pour ces organes.

Les racines qui se prêtent le mieux à la culture *in vitro* proviennent généralement de plantes herbacées. Peu de travaux ont été réalisés sur les cultures de racines de plantes ligneuses [(1), (2)].

Nous avons entrepris, dans le but d'étudier le « spreading decline », grave maladie à nématodes des agrumes, la culture des racines isolées de *Citrus*.

Les graines de *Citrus* sont stérilisées à l'eau de Javel, lavées à l'eau stérile et mises à germer dans l'obscurité, à la température ambiante, dans des boîtes de Pétri, sur du papier humide, dans des conditions aseptiques.

Lorsque les racines des plantules ont atteint 2 à 3 cm, on prélève des fragments terminaux d'environ 1 cm qu'on place chacun dans une fiole contenant 30 ml de milieu de culture stérilisé. Les fioles sont ensuite conservées à l'obscurité, à la température de 20°C. La croissance est déterminée en mesurant l'élongation chaque semaine, à l'occasion des transferts sur milieu frais.

		Longueur (cm)		
Espèce.	N° des expériences.	à la mise en culture.	après deux semaines de culture (fin du 2e passage).	après six semaines de culture (fin du 6e passage).
Lime mexicaine	1	1,1	4,2	–
		0,7	3,7	–
		0,8	3,0	–
		1,3	3,4	–
» »	2	1,5	3,1	4,9
		1,7	3,3	5,0
		1,2	3,3	5,9
Lime douce	2	1,5	3,3	4,4
		1,2	2,6	4,7
		1,3	2,5	3,7

Un premier essai, réalisé avec le milieu classique de White pour les racines de Tomate (3) nous a donné des résultats négatifs; nous l'avons alors modifié en prenant la solution de Knopp pour les macroéléments, la solution de White (3) pour les microéléments. Le milieu contient en outre du saccharose à la concentration de 2 %, ainsi que de la vitamine B_1 et de la kinétine aux concentrations respectives de 10^{-6} et de 10^{-7}. Sur ce

milieu, nous avons pu cultiver des racines de Limes (*Citrus aurantifolia*) : lime mexicaine et lime douce de Palestine, ainsi que de Citron acide (*Citrus limon*).

Le tableau indique les allongements des racines pendant les six premières semaines de culture.

Un certain nombre de racines ont pu être maintenues sur le milieu précédent pendant sept mois sans qu'elles aient manifesté un arrêt de croissance à la fin de cette période; elles avaient subi 12 passages et elles avaient été sectionnées au cours d'un repiquage sur deux environ. Pendant ce temps, elles avaient réalisé un allongement total égal à une dizaine de fois la longueur initiale.

Nous n'avons jamais observé le développement de ramifications latérales sur les racines en culture.

La culture indéfinie des extrémités méristématiques des racines de *Citrus in vitro* semble donc être possible. Des expériences sont en cours pour étudier le rôle de la kinétine et du molybdène sur la culture des racines de *Citrus*.

(1) J. BONNER, *Bull. Torr. Bot. Club*, 69, 1942, p. 130-136.
(2) V. SLANKIS, *Symbolæ Botanicæ Upsalienses*, 11, n° 3, 1951, p. 1-63.
(3) P. R. WHITE, *A Handbook of Plant Tissue Culture* (*J. Cattell Press*, 1943, p. 105).

(*Institut Français de Recherches fruitières, Paris,*
Centre National de la recherche agronomique, Versailles.)

CYTOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Résistance des cellules amniotiques humaines en primoculture à l'envahissement par les cellules de souche humaine* (1). Note (*) de M. **Philippe Daniel**, présentée par M. Pierre Lépine.

Les cellules amniotiques humaines offrent une résistance marquée à l'infiltration et à l'envahissement par les cellules de souches humaines. Ce phénomène peut être dû à la diffusion de substances à partir des cellules amniotiques, car les liquides surnageants de telles cellules inhibent, après concentration, la croissance des cellules KB.

L'introduction de cellules de souche telles que les cellules KB dans une culture cytotypique ou organotypique [(2), (3)] de cellules normales entraîne l'envahissement rapide de la culture par les cellules de souche, même si l'inoculum initial a été faible. Au cours d'essais sur les interactions cellulaires *in vitro*, il est apparu que les cellules amniotiques humaines faisaient exception à la règle et résistaient à l'infiltration par toutes les cellules de souches humaines expérimentées. Ce phénomène, qui a déjà été signalé (4) fait l'objet de cette Note.

Des cellules normales provenant de reins humains adultes et de cellules amniotiques humaines étaient ensemencées après trypsination dans des tubes à fond plat. Après formation d'une couche cellulaire continue, une suspension de cellules de souche était introduite dans les cultures normales. L'évolution des deux populations en contact était suivie régulièrement.

Les cellules de souche employées étaient les cellules Hela, KB, Fl et Hep II. Le nombre de cellules dans l'inoculum initial était de 100 000 cellules par millilitre environ, sauf pour les cellules KB qui furent ensemencées au nombre de 10 000, 20 000, 50 000, 100 000 et 200 000 cellules respectivement dans chaque série de cultures normales afin de mettre en évidence un rôle éventuel de la concentration cellulaire. Les témoins étaient constitués par des cultures normales non inoculées et par des cultures de cellules de souche obtenues à partir des mêmes inoculums que ceux ensemencés dans les tubes d'expérience.

Le milieu nutritif était constitué de milieu de Eagle (5) enrichi de 10 % de sérum de bœuf.

Chaque semaine une série de cultures était prélevée, fixée et colorée.

L'observation journalière des cultures mixtes montrait que les cellules KB se fixaient sans difficulté sur la couche monocellulaire tant dans les cultures

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1. — Primoculture de cellules rénales humaines (G × 50).

Fig. 2. — Primoculture de cellules rénales humaines de même âge que la culture de la figure 1, mais inoculée une semaine auparavant avec 20 000 cellules KB (G × 50).

Fig. 3. — Primoculture de cellules amniotiques humaines (G × 50).

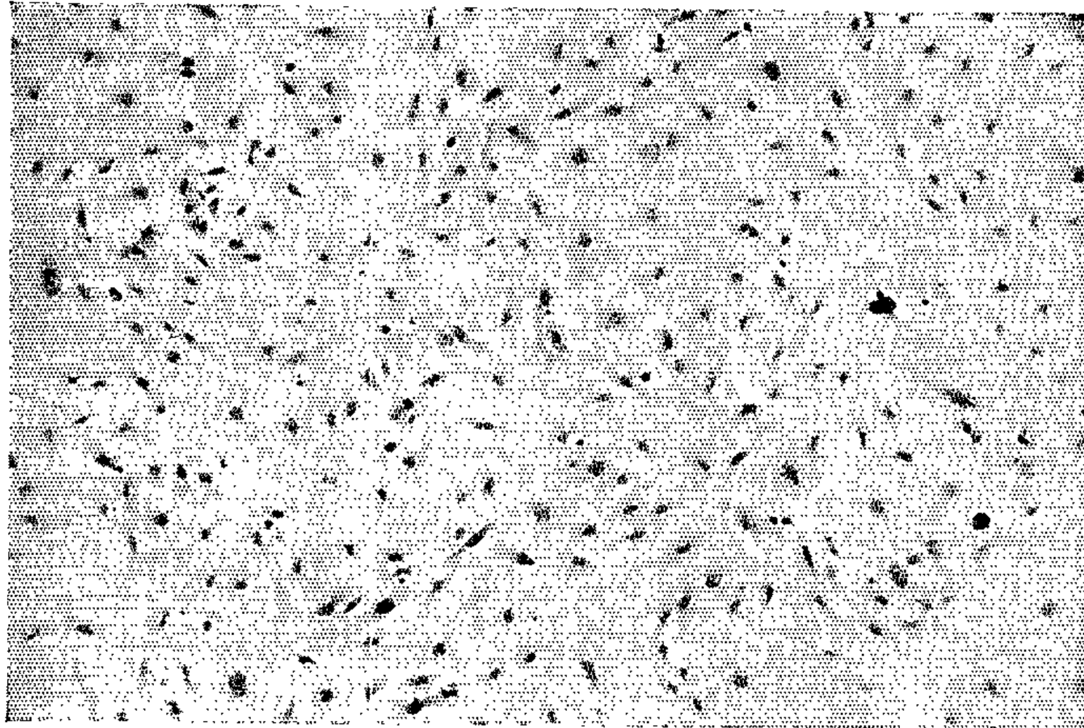


Fig. 1.

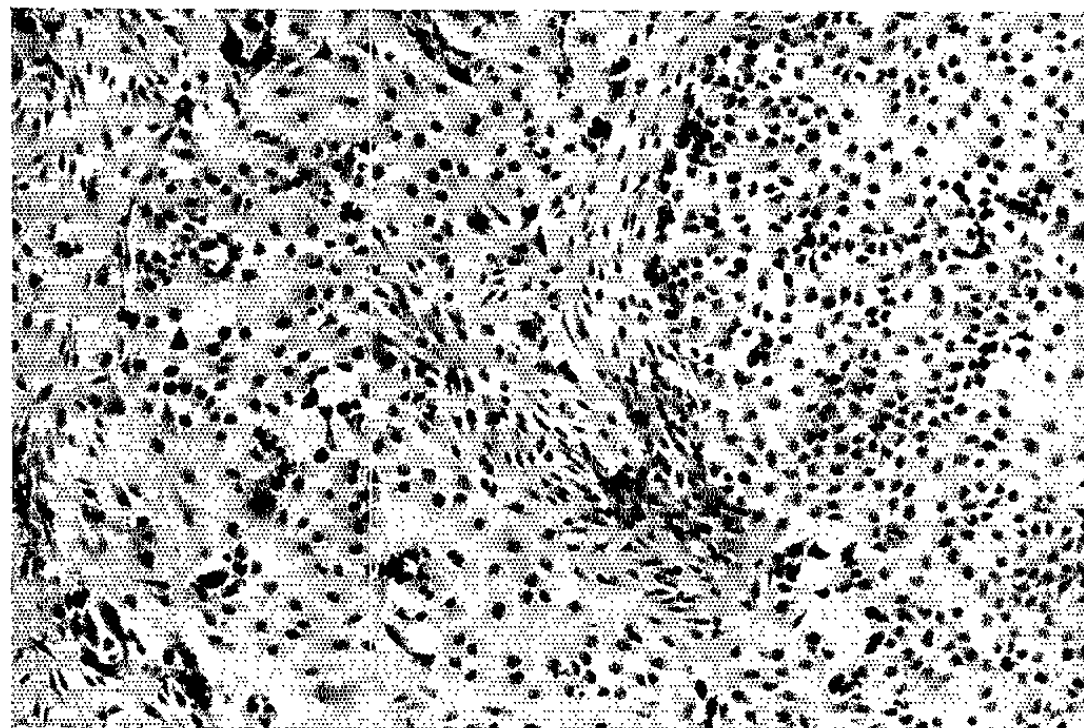


Fig. 2.

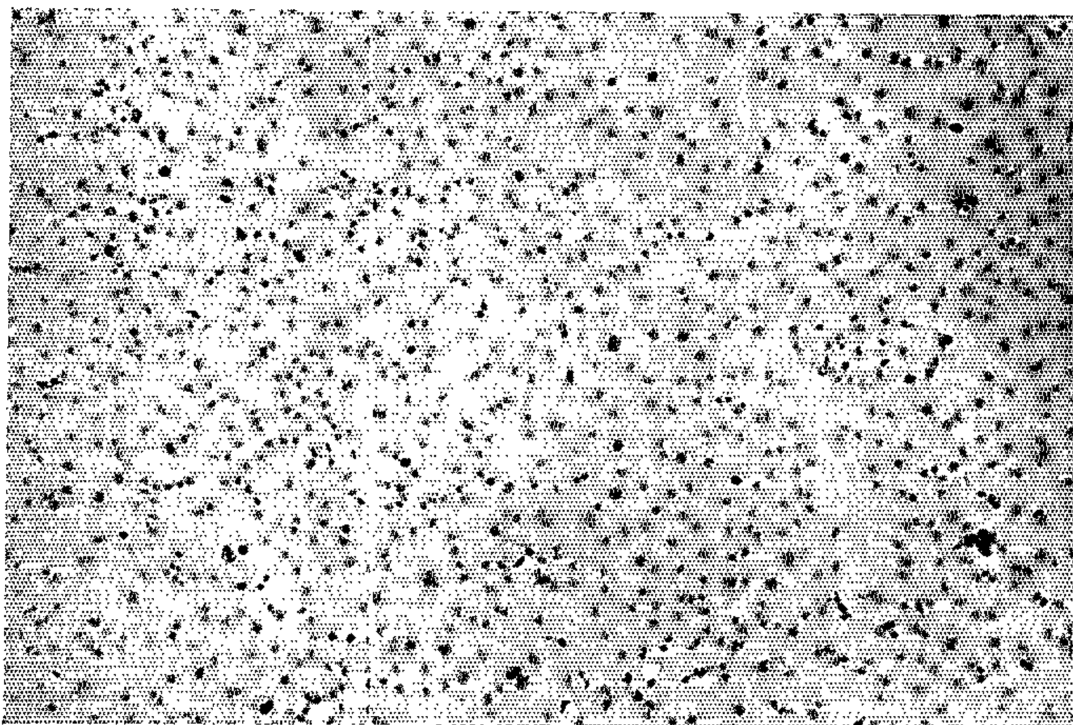


Fig. 3.

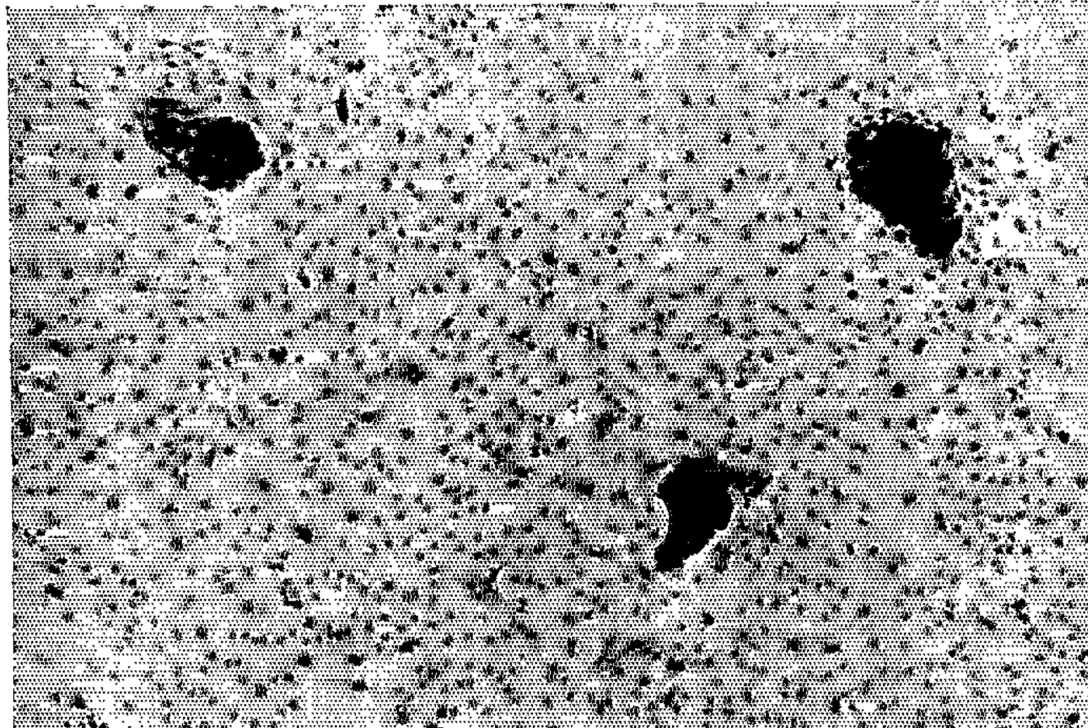


Fig. 4.

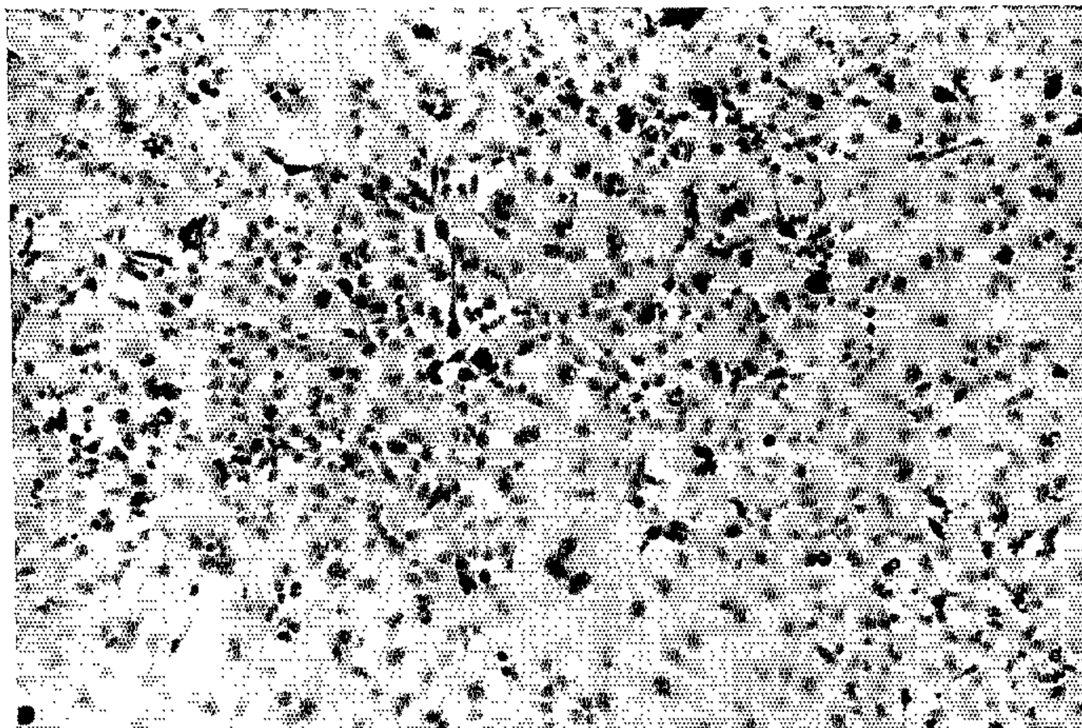


Fig. 5.

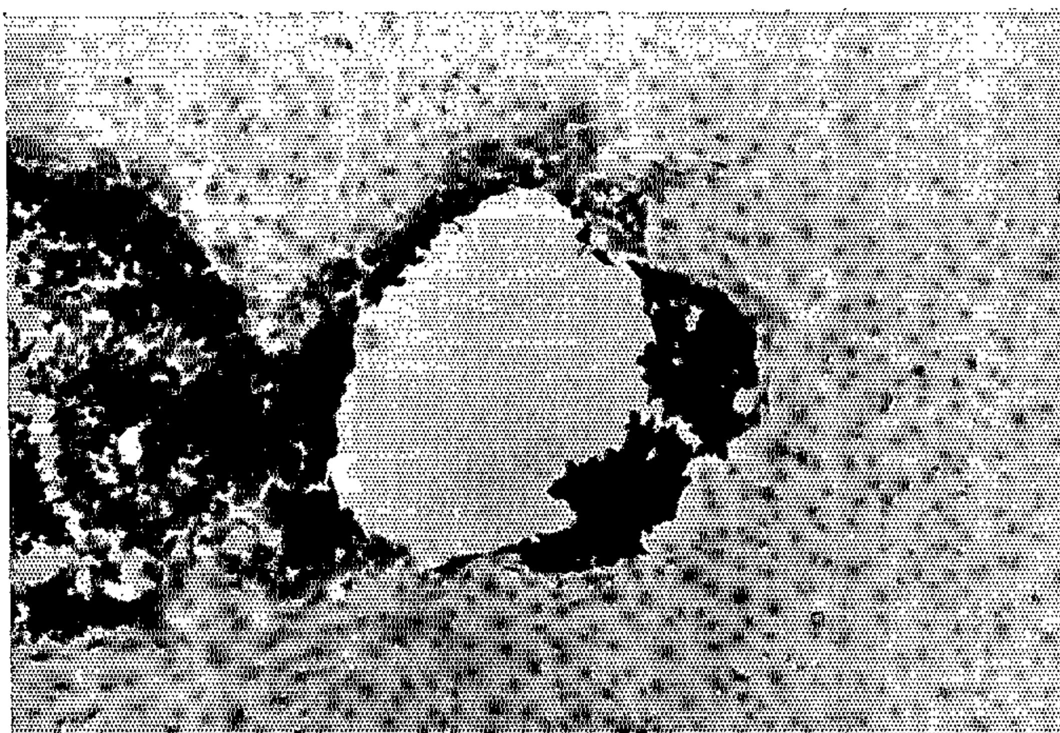


Fig. 6.

Fig. 4. — Primoculture de cellules amniotiques humaines de même âge que la culture de la figure 3, inoculée 7 jours auparavant avec 20 000 cellules KB (G × 50).

Fig. 5. — Culture de cellules KB faite avec un inoculum initial de 20 000 cellules et âgées de 7 jours (G × 50).

Fig. 6. — Primoculture de cellules amniotiques humaines, deux semaines après avoir été inoculée avec 20 000 cellules KB (G × 50).

de cellules amniotiques que dans les cultures de tissu rénal humain. Par la suite, l'évolution des cellules KB était différente dans les deux systèmes.

Les cellules de rein humain se laissaient facilement infiltrer par les cellules de souche qui envahissaient presque entièrement la culture en deux semaines.

Au contraire, les cellules de souche n'infiltraient pas les cellules amniotiques, mais restaient contenues par celles-ci. Il y avait formation d'îlots cellulaires où quelquefois des éléments nécrotiques assez nombreux étaient visibles. Cependant l'activité mitotique persistait, si bien que le diamètre des îlots finissait par augmenter en refoulant les cellules périphériques. Mais surtout la croissance se faisait en hauteur aboutissant à la formation de petites « mottes » cellulaires qui se détachaient et se fixaient en d'autres points de la culture (*fig.* 3, 4, 5 et 6). Les cultures de cellules normales étaient donc finalement envahies complètement dans la grande majorité des cas, quelle que fut l'importance de l'inoculum initial en cellules de souche, mais cet envahissement avait lieu avec un retard considérable. Bien que le phénomène soit constant, il y a lieu de remarquer que la résistance à l'envahissement apportée par les cellules amniotiques varie d'un lot de cellules à un autre. Il arrive même que les cellules de souche soient nécrosées au contact des cellules amniotiques.

Il semble donc qu'il y ait inhibition de contact entre les cellules de souche et les cellules amniotiques humaines.

Récemment, Abercombrie et Ambrose ([6]) ont considéré les diverses hypothèses susceptibles d'expliquer le phénomène de l'inhibition de contact. Toutes font appel à des changements locaux au niveau des membranes à l'exception de l'une d'entre elles qui suppose l'existence de substances inhibitrices diffusant à partir des cellules et susceptibles de créer un gradient d'inhibition.

Cette dernière interprétation semble le mieux convenir au système étudié. En effet, dans des expériences déjà rapportées ([7]) il a été montré que les cellules en première explantation relâchent dans le milieu des substances autoinhibitrices de la croissance dont l'activité se révèle par concentration à partir de liquides surnageants.

Des expériences dont le détail sera rapporté ailleurs ont été réalisées avec les liquides surnageants de cellules amniotiques humaines cultivées en couche monocellulaire, ou de membrane amniotique maintenue *in vitro* selon la technique de Maitland. Ces liquides surnageants ont été concentrés

de 10 à 100 fois par précipitation au sulfate d'ammonium, par ultra-filtration ou lyophilisation. Les préparations obtenues inhibaient complètement la croissance des cellules KB, alors qu'elles étaient sans effet sur d'autres cellules humaines normales que les cellules amniotiques.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) Ce travail a bénéficié de l'aide du Conseil Médical des Recherches du Canada (Octroi MA-1194).

(2) Leighton, R. L. Kalla et M. Belkin, *Cancer Res.*, 19, 1959, p. 23.
(3) Ét. Wolf et Em. Wolf, *C. R. Soc. Biol.*, 156, 1962, p. 290.
(4) Ph. Daniel, Fédération Canadienne de Biologie, juin 1962, Québec.
(5) H. Eagle, *Science*, 122, 1955, p. 501.
(6) M. Abercombrie et E. J. Ambrose, *Cancer Res.*, 22, 1962, p. 525.
(7) Ph. Daniel, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2871.

(Département de Microbiologie, Faculté de Médecine, Université Laval, Québec, Canada.)

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Capacités des noyaux de cellules endodermiques embryonnaires à organiser un germe viable chez l'Urodèle,* Pleurodeles waltlii *Michah.* Note (*) de M. **Bertrand Picheral**, présentée par M. Robert Courrier.

La technique de transplantation de noyaux de cellules embryonnaires est appliquée à l'étude des variations des capacités des noyaux de cellules somatiques à donner un développement normal. Des noyaux provenant de cellules endodermiques de germes d'âge croissant ont été transplantés. Il apparaît que, s'il existe une chute des capacités des noyaux à donner un germe viable, certains d'entre eux possèdent encore au stade du bourgeon caudal, toutes les potentialités du noyau de fécondation.

La technique de transplantation de noyau a été décrite chez *Pleurodeles waltlii* (1). A la suite de ces premières expériences, il était établi qu'un noyau extrait d'une cellule prélevée au pôle animal ou à l'hémisphère végétatif d'une blastula pouvait donner par transplantation, un germe capable de se développer normalement au-delà du bourgeon caudal.

Sept des germes obtenus par transplantation de noyaux blastuléens se sont métamorphosés après une vie larvaire de durée normale, à l'âge de 110 jours (2). Ils sont âgés actuellement de 8 mois.

Tous ces animaux présentent une morphologie externe identique à celle des animaux témoins. Ceci confirme que les noyaux de blastula ont conservé toutes les potentialités et les propriétés du noyau de fécondation.

Ces dernières conclusions nous ont permis à la suite de Briggs et King (3), puis de Gurdon (4), d'aborder l'analyse des composantes nucléaires et cytoplasmiques de la différenciation de la cellule endodermique au cours de l'ontogenèse d'un germe d'Urodèle. Désirant mettre en évidence d'éventuelles variations des potentialités des noyaux, nous avons étudié des noyaux de cellules endodermiques de germes d'âges définis. Les stades mentionnés dans les résultats correspondent à la table chronologique du développement de *Pleurodeles waltlii* Michah (2). 615 transplantations de noyaux effectuées selon la technique décrite ont été retenues dans cette première analyse.

Pour chaque catégorie de noyaux prélevés dans la masse des cellules endodermiques, nous avons choisi de comparer l'aptitude à participer à chacune des phases essentielles du développement : segmentation (tableau I), gastrulation (tableau II), neurulation et morphogenèse avancée (tableau III).

TABLEAU I.

Aptitude du noyau de cellule endodermique à participer à la segmentation.

Stade du donneur.	Nombre d'œufs injectés.	Létalité (œufs insegmentés).	Nombre total de segmentations obtenues (blastula).	
			121	
			Blastulas aberrantes	Blastulas normales
Blastula (stades 6 et 7).....	207	86	59	62 (30 %)
			90	
			Blastulas aberrantes	Blastulas normales
Neurula (stades 17 et 18)...	201	111	40	50 (25 %)
			97	
			Blastulas aberrantes	Blastulas normales
Bourgeon caudal (stades 22 et 23)................	207	110	32	65 (31 %)

Ainsi, lorsque le noyau injecté est prélevé dans des cellules endodermiques de germes d'âges croissants, gastrula, neurula, bourgeon caudal, les capacités à participer à une segmentation normale jusqu'au *stade de la blastula ne sont pas modifiées.*

TABLEAU II.

Aptitude du noyau de cellule endodermique à participer à la gastrulation.
Les blastulas éprouvées sont celles obtenues précédemment (*cf.* tableau I).

Stade du donneur.	Nombre de blastulas éprouvées.	Nombre de grastulations.	
		55	
		Gastrulas aberrantes	Gastrulas normales
Blastula (stades 6 et 7).....	62 (100 %)	15	40 (65 %)
		25	
		Gastrula aberrantess	Gastrulas normales
Neurula (stades 17 et 18)...	50 (100 %)	13	12 (24 %)
		22	
		Gastrulas aberrantes	Gastrulas normales
Bourgeon caudal (stades 22 et 23)................	65 (100 %)	12	10 (15,4 %)

Lorsque le noyau injecté est prélevé dans des cellules endodermiques de germes d'âges croissants, blastula, neurula, bourgeon caudal, le *taux de gastrulas normales obtenu par rapport au nombre de blastulas normales décroît.* Cette chute révèle la perte du pouvoir de certains noyaux à donner un germe normal par transplantation.

La gastrulation s'avère une étape importante dont il faut tenir compte dans l'analyse des résultats de transplantation chez *Pleurodeles waltlii.*

TABLEAU III.

Aptitude du noyau de cellule endodermique à participer à la neurulation et à la morphogenèse avancée.

Stade du donneur.	Nombre de gastrulas éprouvées.	Nombre de larves atteignant les stades : Neurula (stade 19).			Bourgeon caudal (stades 22-23).	Prise de nourriture (stade 38).	Métamorphose achevée (stade 56).
		Total	Neurulas anormale(s)	Neurulas normales			
Blastula (stades 6 et 7).....	40	23	0	23 (58 %)	14	8	6
Neurula (stades 17 et 18)...	12	11	5	6 (50 %)	5	1	0
Bourgeon caudal (stades 22 et 23)...	10	17 (*)	10	7 (10 %)	3	2	2

(*) Certaines gastrulas anormales ont neurulé.

Les germes ayant passé le stade de la gastrulation, *conduisent à des neurulas normales* dans des proportions sensiblement indépendantes de l'âge du noyau transplanté.

Le nombre d'animaux parvenus au-delà du stade bourgeon caudal est faible. En regard des résultats de Briggs et King (1957) sur *Rana pipiens*, les animaux métamorphosés obtenus à partir de noyaux de cellules endodermiques de bourgeon caudal, présentent une importance certaine.

En conclusion, il est établi que certains noyaux prélevés dans des cellules d'un endoderme qui a déjà participé à la morphogenèse d'un Pleurodèle jusqu'au stade du bourgeon caudal, sont capables de fournir tous les types de tissus différenciés au même titre que le noyau de fécondation.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) J. SIGNORET et B. PICHERAL, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1150.

(2) L. GALLIEN et M. DUROCHER, *Bull. Biol. France et Belgique*, 91, 1957, p. 97-114.

(3) R. BRIGGS et T. J. KING, *J. Morph.*, 100, 1957, p. 269-312.

(4) J. B. GURDON, *J. Embryol. exp. Morph.*, 8, 1960, p. 505-526.

(*Laboratoire d'embryologie, Faculté des Sciences, Paris.*)

ENDOCRINOLOGIE. — *Métabolisme de la 19-nor-testostérone après ingestion chez l'Homme.* Note (*) de MM. **Hervé Floch**, **André Crastes de Paulet** et **Étienne-Émile Baulieu**, présentée par M. Robert Courrier.

L'administration *per os* de 19-nor-testostérone est suivie, par rapport à la testostérone, de l'élimination urinaire accrue des métabolites 5 α. Les métabolites 3 α-hydroxylés sont plus sulfoconjugués que ceux de la testostérone. Ces faits sont discutés en fonction des modalités d'action de la 19-nor-testostérone.

Nous avons entrepris de rechercher pourquoi la 19-nor-testostérone (17 β-hydroxy 3-oxo estra-4-ène, N-T) est un androgène actif après ingestion, contrairement à la testostérone (17 β-hydroxy 3-oxo androsta-4-ène, T). Ce travail compare leurs métabolites urinaires (nomenclature : tableau I).

Tableau I.

Métabolismes de T *et* N-T (*homme normal*, 25 *ans*, 200 *mg*).

	S.			G.						
	Épi (°).	E (°).	A (°).	E (°).	A (°).	5β/5α.	E/A.	S/G.	SA/GA.	SE/GE.
T.....	3	15	10	46	26	1,6	1,7	0,4	0,4	0,33
	N-Épi (°).	N-E (°).	N-A (°).	N-E (°).	N-A (°).	5β/5α.	N-E/N-A.	S/G.	SN-A/GN-A.	SN-E/GN-E;
N-T....	22	15	20	23	20	0,6	0,95	1,2	1,0	0,65

A, 3α-hydroxy 17-oxo 5α-androstane; E, 3α-hydroxy 17-oxo 5β-androstane; Épi, 3β-hydroxy 17-oxo 5α-androstane· S, ester-sulfate; G, glucuronide (β-glucopyranuroside); N-A, 3α-hydroxy 17-oxo 5α-estrane; N-E, 3α-hydroxy 17-oxo 5β-estrane; N-Épi, 3β-hydroxy 17-oxo 5α-estrane.

(°) *Voir* texte pour les modalités de calcul.

Partie expérimentale. — Après N-T (Uclaf-Roussel), les urines ont été recueillies pendant les huit premières heures, puis pendant les 16 h suivantes. Elles ont été traitées [(1), (2)] pour obtenir quantitativement et spécifiquement deux fractions sulfo- et glucoroconjuguées de stéroïdes, sans altérer leur structure. L'identification des métabolites s'est faite par chromatographie des formes libres et acétylées, et spectrophotométrie infrarouge en les comparant aux produits de synthèse (*fig.*). Les N-A et N-E avaient déjà été isolées des urines humaines (3) au contraire de la N-Épi; il n'a pas été isolé de nor-3 β-étiocholanolone (3 β-hydroxy 17-oxo 5 β-estrane).

Les mesures ont été faites par la réaction de Zimmermann. Les résultats des tableaux I et II sont calculés en pourcentage de la somme des N-A, N-E et N-Épi (ou A, E et Épi) des huit premières heures d'urines.

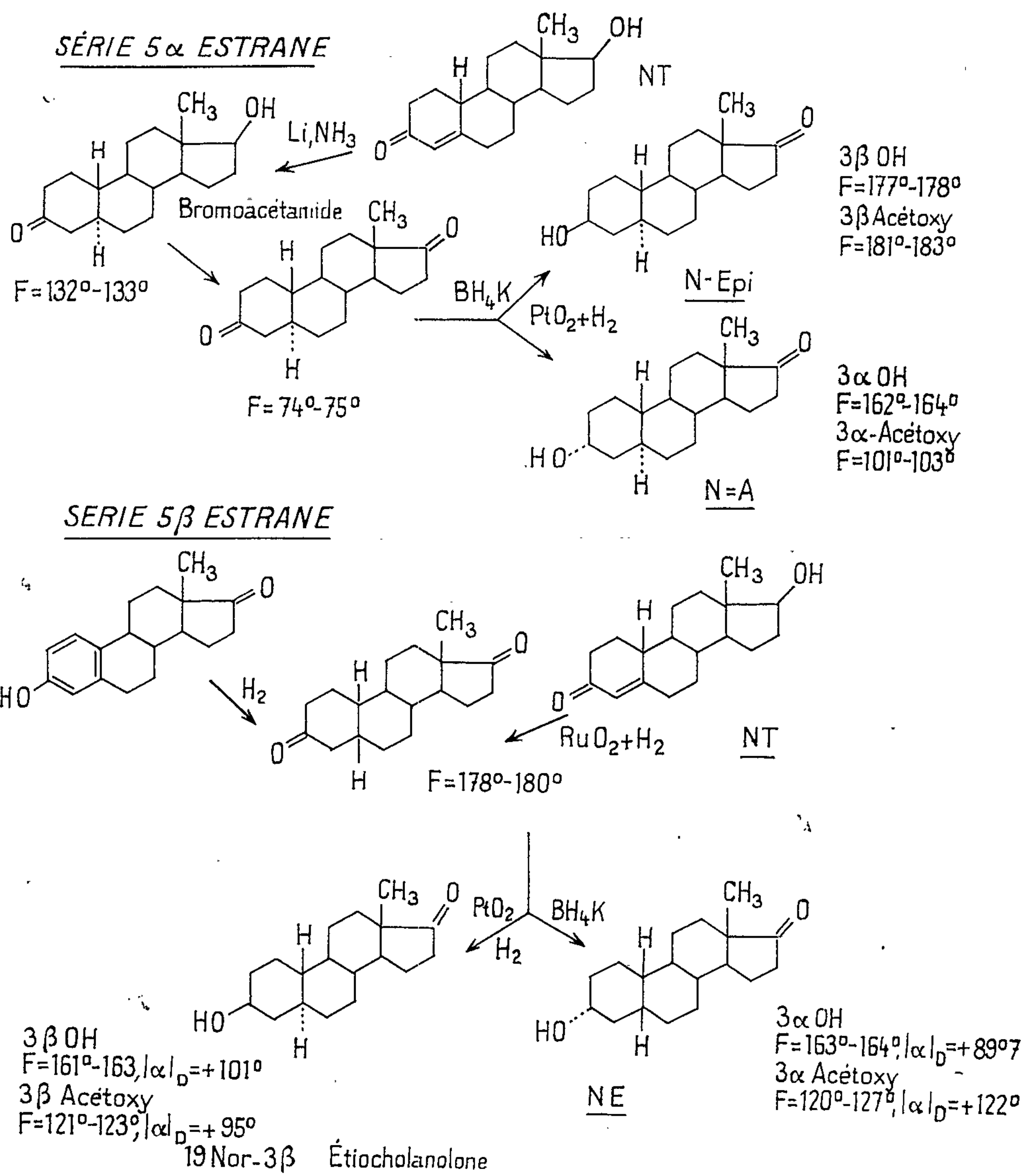
Résultats. — Quelques analogies du métabolisme de N-T et de T sont à mentionner. D'abord il n'y avait pratiquement pas de métabolites libres dans les urines. Ensuite les 3 α-hydroxystéroïdes sont, dans les deux cas, à la fois glucuro- et sulfoconjugués, alors que le seul métabolite 3 β-hydroxy est sulfoconjugué [comme pour l'Épi (4)]. Enfin les conversions de T et de N-T en 17-oxostéroïdes urinaires semblent être du même ordre de grandeur.

TABLEAU II.

Métabolisme de N-T (200 mg).

Sexe.	Age.	S N-Épi (°).	S N-E (°).	S N-A (°).	G N-E (°).	G N-A (°).	Transformation en 17-cétostéroïdes urinaires (*).
M	1,5	18	12	20	30	20	5
M	2,5	22	14	16	16	32	18
F	5	22	14	14	21	29	28
M	6	20	14	18	24	24	53
F (**)	15	23	15	21	21	19	57
F (***)	15	21	13	20	27	20	24
M	25	22	15	20	23	20	50

(*) Dans les premières 24 h.
(**) Testicule féminisant, avant (**) et après (***) chirurgie.
(°) *Voir* texte pour les modalités de calcul.



Les différences entre N-T et T sont frappantes. Parmi les métabolites, la structure 5 α l'emporte après N-T, inversant le rapport observé après T. C'est la forme 3 β-hydroxy-5 α qui semble particulièrement augmenter après N-T aux dépens du composé 3 α-hydroxy-5 β.

Le rapport sulfate/glucuronide (S/G) de conjugaison des 3 α-hydroxy-stéroïdes métabolites de N-T est au moins deux fois plus élevé que pour ceux de T. Il est même à remarquer que la clearance basse des sulfates [5] fait que les rapports S/G mesurés ici après 8 h d'urines sont probablement sous-estimés.

Pour interpréter ces résultats on ne peut que procéder par juxtaposition. Il est reconnu actuellement que les 5 α-androstane stéroïdes sont plus androgènes que les 5 β-androstane correspondants [6]. D'autre part, les sulfates de stéroïdes plus longtemps en rétention dans le sang sont les formes circulantes principales des métabolites œstrogènes [7] et androgènes [8], mais rien ne permet encore d'attribuer une activité biologique à ces sulfates. Enfin la voie d'administration de N-T oblige à prendre en considération la récente mise en évidence de glucuroconjugaison intestinale de certains œstrogènes [9] et C_{19}-stéroïdes [10] et surtout la sulfoconjugaison par l'intestin de la déhydroépiandrostérone (Baulieu, non publié). Des expériences sont en cours pour étudier plus avant le rôle de cette étape imprévue dans le métabolisme des stéroïdes qui peut être d'une extrême importance pour prévoir l'activité des médicaments hormonaux.

(*) Séance du 22 octobre 1962.

(1) E.-E. Baulieu, G. Michaud et C. Corpechot, *Ann. Biol. clin.*, 3-4, 1961, p. 291.
(2) S. Burstein et S. Lieberman, *J. Biol. chem.*, 233, 1958, p. 331.
(3) L. L. Engel, J. Alexander et M. Wheeler, *J. Biol. chem.*, 231, 1958, p. 159.
(4) M.-F. Jayle, L. G. Huis in't Veld, E.-E. Baulieu et O. Crépy, *Acta Endocrinol.*, 21, 1956, p. 115.
(5) A. M. Bongiovanni et W. R. Eberlein, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 17, 1957, p. 238.
(6) A. Segaloff et R. B. Gabbard, *Endocrinology*, 67, 1960, p. 887.
(7) R. H. Purdy, L. L. Engel et J. L. Oncley, *J. Biol. chem.*, 236, 1961, p. 1043.
(8) E.-E. Baulieu, *J. Clin. Endocrinol. Metab.*, 20, 1960, p. 900.
(9) E. Diczfalusy, C. Fanksson et B. Martinsen, *Acta Endocrinol.*, 38, 1961, p. 59.
(10) M. J. Kreek, J. E. Ross et D. F. Taplay, *Endocrine Society*, 44e meeting, 1962, abstract no 16.

(*Faculté de Médecine de Montpellier* et *Faculté de Médecine de Paris.*)

BIOLOGIE DES PARASITES. — *Étude des rapports entre les différents constituants de la flore bactérienne associée aux cultures et l'enkystement spontané d'*Entamœba histolytica. Note (*) de M. **Louis Lamy**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'enkystement, phénomène capital du cycle biologique d'*Entamœba histolytica*, est lié directement et indirectement à l'activité de la flore bactérienne associée : directement parce que la présence de certaines Bactéries ou de certains groupes bactériens est indispensable pour induire l'enkystement des trophozoïtes; indirectement parce que la présence d'autres Bactéries est nécessaire à la réalisation du biotope intestinal favorable à ce processus. Pour cette étude, l'auteur a utilisé la sensibilité bactérienne aux antibiotiques appréciée par la méthode des disques.

En 1927-1928, C. Dobell décrivit une technique permettant de *provoquer* l'enkystement par addition d'une trace d'amidon de riz au milieu d'entretien initial qui n'en comporte pas.

Nous avons, nous-mêmes, montré en 1958 et 1961, sur plusieurs souches, que, contrairement à ce qui semble se passer couramment et presque normalement dans les milieux de culture diphasiques comportant de l'amidon de riz *en permanence*, on peut observer un enkystement *spontané* susceptible de se poursuivre d'une façon irrégulière et discontinue mais indéfinie, pourvu que des conditions favorables soient réalisées et maintenues.

Dans les deux cas : enkystement provoqué ou enkystement spontané, on constate que ce processus ne se produit pas avec toutes les souches. Certaines s'enkystent facilement et abondamment : K 28 C de C. Dobell (enkystement provoqué); LX de L. Lamy (enkystement spontané); d'autres ne donnent que des enkystements partiels; d'autres, enfin, ne produisent aucun kyste.

Parallèlement aux recherches de C. Dobell, complétées suivant ses notes par R. A. Neal et publiées en collaboration avec C. Hoare, en 1952, nous avons analysé le comportement et le rôle de la flore bactérienne associée dans ses rapports avec l'induction de l'enkystement :

1° Avec des souches s'enkystant *spontanément* alors que Dobell provoquait la formation des kystes.

2° Avec des souches provenant exclusivement de l'Homme. Dobell travailla beaucoup sur des souches provenant d'infections expérimentales et comportant des Bactéries d'origine animale.

3° Alors que Dobell utilisait l'action de l'acriflavine et du violet de gentiane pour éliminer certaines Bactéries et pour réaliser des souches synthétiques, nous avons utilisé la sensibilité des Bactéries aux substances antibiotiques.

Matériel. — La souche que nous avons plus particulièrement utilisée (souche LX) a été installée en octobre 1954 sur milieu diphasique (sérum

coagulé + Ringer-sérum liquide) additionné d'amidon de riz. Elle provenait des selles diarrhéiques contenant des trophozoïtes chez un malade venant du Maroc. Elle avait sept ans de culture, soit plus de 600 repiquages sur le même milieu, au moment des expériences.

Technique. — Elle a consisté :

1° A faire une analyse des espèces ou des groupes composant la flore bactérienne associée à la souche étudiée LX. Après sept ans de culture, cette flore s'est montrée relativement simple puisqu'il n'a été isolé que cinq germes dont trois Bactéries aérobies (un *Escherichia coli* mobile, un *E. coli* immobile et un Streptocoque) et deux Bactéries anaérobies (1 Gram + et 1 Gram —).

2° A pratiquer sur cette flore bactérienne globale, des tests de sensibilité aux antibiotiques, en utilisant la méthode des disques. On choisit, naturellement, parmi les très nombreuses substances antibiotiques isolées quelques-unes parmi les plus caractéristiques. Nous avons retenu, en particulier : pénicilline, streptomycine, auréomycine, chloramphénicol, colimycine, terramycine, néomycine, tétracycline, kanamycine, framycétine.

3° A pratiquer, pour chacune des espèces isolées, les mêmes tests de sensibilité avec les mêmes antibiotiques.

4° A comparer les résultats obtenus (en mesurant les zones d'inhibition enrourant le disque) entre sensibilité globale et sensibilité des espèces séparées, d'une part, puis entre sensibilité des différentes espèces entre elles, d'autre part.

5° A utiliser, en concentration assez forte, des substances antibiotiques choisies, seules ou en association, parmi celles qui ont été retenues au paragraphe précédent. De cette façon, on agit successivement sur les Bactéries ou sur les groupes de Bactéries affines, dans le but de déterminer le rôle de chacun dans le processus d'enkystement.

Résultats. — 1° Si nous arrêtons l'activité des Bactéries du groupe *coli* et celle des Streptocoques, nous arrêtons du même coup la multiplication normale et active des trophozoïtes et nous ne pouvons, de ce fait, observer aucun kyste.

2° Si nous maintenons, par contre, l'activité du groupe *coli* ou celle des Streptocoques et que nous arrêtions celle des anaérobies, nous obtenons une multiplication normale, mais nous ne voyons pas apparaître de kystes.

3° Si nous répétons l'expérience n° 2, mais en ajoutant les anaérobies, les kystes réapparaissent.

4° Toutefois, contrairement aux résultats obtenus par Dobell dans le cas de l'enkystement provoqué, l'addition des différents constituants de la flore LX ou l'addition de cette flore totale à des souches ne s'enkystant pas spontanément, n'a pas permis d'induire l'apparition des kystes.

Conclusions. — Les Bactéries anaérobies associées aux Amibes dysentériques qui s'enkystent spontanément en culture semblent donc bien constituer le *facteur inducteur* de l'enkystement. Ce facteur, s'il est *néces-*

saire, n'est toutefois pas *suffisant*. En effet, il convient, avant tout, en culture, d'assurer la multiplication des trophozoïtes et leur croissance, ce qui semble être le rôle des Bactéries aérobies.

En conclusion : Certaines Bactéries aérobies sont capables d'assurer la croissance et la multiplication des Amibes, soit directement en apportant certains éléments nutritifs, soit indirectement en transformant le milieu initial et tout particulièrement en consommant l'oxygène. Certaines Bactéries anaérobies sont, elles, capables d'induire l'enkystement, sans permettre à elles seules la multiplication. D'autres Bactéries, enfin, aérobies et anaérobies, semblent apporter des perturbations en plus ou en moins, soit dans la croissance et la multiplication des Amibes, soit dans la formation des kystes.

Interprétation des phénomènes in vivo. — Ces conclusions nous permettent de donner ainsi une explication à ce qui se passe *in vivo*. Dans le cas d'une souche s'enkystant *spontanément* en culture, nous nous trouvons dans le cas d'un *intestin normal*, c'est-à-dire où existe un *équilibre* entre les différents groupes bactériens présents et en compétition, de telle sorte que le cycle biologique complet et normal de l'Amibe dysentérique puisse s'effectuer.

Si une modification d'un facteur bactérien ou l'apparition d'une Bactérie pathogène entraîne un changement suffisamment important de cet équilibre, nous assistons, par exemple, à une accélération de la multiplication et à une extériorisation plus rapide et plus intense des trophozoïtes (syndrome diarrhéique ou dysentérique) en même temps qu'à un arrêt de l'enkystement. *Vice versa*, le retour à l'équilibre bactérien primitif (spontané ou thérapeutique) fait réapparaître les kystes. Ceci correspond aux différentes situations que nous avons créées expérimentalement en faisant agir les substances antibiotiques, c'est-à-dire en modifiant indirectement l'équilibre bactérien.

Qu'il s'agisse d'un milieu de culture ou d'un intestin, la flore bactérienne associée aux Prozozoaires, aux Amibes en particulier, constitue donc un facteur primordial réglant directement et indirectement tout le cycle biologique du parasite et tout particulièrement l'enkystement.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) C. DOBELL, *Parasitology*, 18, 1926, p. 283-318.
(2) C. DOBELL, *Ibid.*, 20, 1928, p. 357-412.
(3) C. DOBELL, A. R. NÉAL et C. A. HOARE, *Ibid.*, 42, 1952, p. 16-39.
(4) R. A. NÉAL, *Ibid.*, 42, 1952, p. 40-42.
(5) L. LAMY, *Bull. Soc. Path. exot.*, 50, 1957, p. 31-34.
(6) L. LAMY, *Ibid.*, 54, 1961, p. 453-458.

(*Institut Pasteur, Service de Parasitologie.*)

ENZYMOLOGIE. — *Action de la trypsine sur le pouvoir hémolytique de la toxine staphylococcique.* Note (*) de MM. **Rémy Richou**, **Claude Quinchon** et Mme **Henriette Richou**, transmise par M. Gaston Ramon.

Il est bien connu que les enzymes sont capables de détruire le pouvoir toxique de la toxine staphylococcique. Dès 1941, Parfentjev [1] constatait que la pepsine détruit complètement le pouvoir toxique de cette toxine *tout en lui conservant ses propriétés antigènes.*

Au cours de recherches, poursuivies depuis 1945 avec G. Ramon [2], nous avons montré que les filtrats de culture de *Penicillium notatum*, de *Streptomyces griseus*, de *Bacillus subtilis*, etc. annihilent, dans les conditions que nous avons précisées, la toxicité que possède *in vitro* (pouvoir hémolytique), comme *in vivo* (pouvoir léthal, pouvoir dermonécrotique) la toxine staphylococcique.

Récemment, avec H. Richou [3], nous avons constaté que les toxines staphylococciques soumises à l'action antidotique de ces filtrats microbiens conservent tout ou partie de leurs propriétés antigènes.

Dans une nouvelle série de recherches, nous avons étudié l'action de la trypsine sur le pouvoir hémolytique des toxines staphylococciques vis-à-vis des hématies de lapin.

Nombre de toxines staphylococciques ont été soumises, à la température de 45°, pendant des temps s'échelonnant de 30 mn à 6 h, à l'action de doses variables de trypsine.

Le tableau I résume quelques-uns des résultats obtenus avec les toxines staphylococciques :

N°	Dose test hémolytique.	Dose minimale hémolytique.
4138	0,12	1/600
4142	+0,12 —0,15	1/400
4143	0,15	1/300
4145	+0,15 —20	1/300

Il résulte de l'ensemble de nos résultats que la trypsine, après un temps de contact suffisant à 45° avec la toxine staphylococcique, détruit le pouvoir hémolytique de celle-ci vis-à-vis des hématies de lapin.

La quantité de trypsine nécessaire à cette destruction est d'autant plus faible que le temps de contact est plus long. Après 6 h de contact à 45°, 200 à 300 unités ST de trypsine sont nécessaires pour détruire le pouvoir hémolytique de 1 ml des toxines staphylococciques que nous avons utilisées [4].

D'autre part, des essais préliminaires, que nous nous proposons de compléter, semblent montrer qu'à l'inverse de la pepsine et des filtrats de culture de *P. notatum*, de *S. griseus*, de *B. subtilis*, la trypsine détruit

TABLEAU I.

N° des toxines.	Temps de contact entre la toxine et la trypsine (h).	Nombre d'unités ST de trypsine nécessaires pour détruire le pouvoir hémolytique de 1 ml de toxine.
4138	1/2	+3 000 — 10 000
	1	3 000
	2	+1 250 — 2 000
	4	+1 000 — 1 250
	6	+ 200 — 300
4142	1/2	+10 000
	1	2 500
	2	+ 300 — 1 000
	4	+ 300 — 1 000
	6	+ 200 — 300
4143	1/2	+10 000
	1	+3 000 — 10 000
	2	+3 000 — 10 000
	4	+ 300 — 1 000
	6	+ 200 — 300
4145	1/2	+10 000
	1	+3 000 — 10 000
	2	+3 000 — 10 000
	4	+ 300 — 1 000
	6	+ 200 — 300

totalement ou presque le pouvoir antigène des toxines staphylococciques soumises à son action.

En effet, des lapins dépourvus d'immunité antistaphylococcique naturellement acquise, immunisés au moyen de trois injections de 1, 2 et 4 ml d'une toxine staphylococcique dont le pouvoir toxique avait été annihilé par l'action de la trypsine, n'ont développé aucune immunité spécifique. Chez d'autres lapins, possédant un certain degré d'immunité antistaphylococcique d'origine naturelle, le taux de l'immunité est passé en moyenne de 0,5 à 2 unités, titre très faible si l'on tient compte du fait — mis jadis en évidence par G. Ramon — que, dans ce cas, les injections d'anatoxine se comportent comme des injections de rappel, lesquelles entraînent une augmentation considérable du taux de l'immunité.

Dans les mêmes conditions, une anatoxine staphylococcique préparée selon la méthode de G. Ramon avec une toxine de même valeur antigène,

donnerait, chez le lapin, des taux antitoxiques de 10, 15, 20 unités et même davantage. C'est dire que, sous l'action de la trypsine, les toxines staphylococciques perdent pratiquement toutes leurs propriétés antigènes.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) PARFENTJEV, CLAPP et WALDSCHMIDT, *J. Immunol.*, 40, 1941, p. 188.

(2) G. RAMON et R. RICHOU, *Revue d'Immunologie*, 9, 1944-1954, p. 189; 10, 1946, p. 9; 11, 1947, p. 5.

(3) R. RICHOU et H. RICHOU, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 3106.

(4) L'action destructrice de la trypsine vis-à-vis de l'hémolysine de la toxine staphylococcique peut d'ailleurs être inhibée par certains inhibiteurs naturels (inhibiteur pancréatique de Kunitz, par exemple).

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Dosage colorimétrique du fructose et des fructofuranosides par l'acide thiobarbiturique.* Note de M. **François Percheron**, présentée par M. René Fabre.

Par chauffage à 100° en milieu chlorhydrique, le fructose est déshydraté en hydroxyméthyl-5 furfural, qui donne avec l'acide thiobarbiturique une coloration intense dont le maximum d'absorption est situé à 432,5 mμ. Cette réaction permet le dosage colorimétrique du fructose et de divers fructosides, sur des quantités de glucides de l'ordre de 0,02 à 0,2 μmole.

Les hexoses, par chauffage avec les acides forts, sont déshydratés en hydroxyméthyl-5 furfural, qui donne des colorations intenses en présence d'amines ou de phénols. Les cétoses, qui prennent facilement la forme furannique, sont déshydratés beaucoup plus aisément que les aldoses, et cette propriété est fréquemment utilisée pour leur caractérisation par ces réactions dites « furfuraliques ».

Diverses méthodes de dosage des cétoses reposent sur de telles réactions : méthodes de Dische à la cystéine en milieu sulfurique (1), de Roe au résorcinol en milieu chlorhydrique (2). L'acide thiobarbiturique, qui conduit à des dérivés colorés avec de nombreux aldéhydes [Taufel (3)], réagit avec l'hydroxyméthyl-5 furfural, en donnant une coloration jaune très intense; récemment, nous avons proposé l'emploi d'un réactif à base d'acide thiobarbiturique et d'acide phosphorique pour la révélation des cétoses sur les chromatogrammes (4).

Nous avons pu mettre au point une technique simple et très sensible de dosage colorimétrique du fructose et des fructofuranosides reposant sur le même principe. Une étude systématique, réalisée en faisant varier la nature et la concentration des acides provoquant la déshydratation du fructose, les conditions de chauffage et les quantités d'acide thiobarbiturique, nous a conduit à adopter le protocole ci-dessous :

On ajoute successivement dans un tube à essais :
1 ml de solution aqueuse à doser (contenant entre 0,02 et 0,2 μmole de fructose);
1 ml de solution aqueuse 0,02 M d'acide thiobarbiturique;
1 ml d'acide chlorhydrique concentré.

Le tube est plongé dans un bain-marie bouillant pendant 6 mn exactement, puis refroidi sous l'eau courante.

Une gamme étalon de tubes contenant de 0,02 à 0,2 μmole de fructose est traitée simultanément dans les mêmes conditions. Les lectures sont faites au spectrophotomètre, au maximum d'absorption de la coloration, à 432,5 mμ, dans les 15 mn qui suivent.

Dans ces limites de concentration, la coloration suit parfaitement la loi de Beer-Lambert et, si toutes les conditions sont maintenues constantes, la reproductibilité est excellente.

Nous avons constaté que la coloration est pratiquement identique pour des durées de chauffage allant de 6 à 10 mn, mais nous avons retenu une durée de chauffage de 6 mn, qui présente l'avantage de limiter l'interférence

des aldohexoses. Dans les conditions décrites, et pour des concentrations équimoléculaires, le glucose et le galactose donnent des colorations respectivement 70 et 95 fois plus faibles que celle observée avec le fructose.

Cette technique est applicable également au sorbose ainsi qu'à divers fructosides. Le saccharose, à concentration molaire égale, réagit comme le fructose; on observe seulement un minime décalage de la courbe d'étalonnage, dû à une très légère interférence du glucose. Le raffinose, ou α-D-galactosido-(1 → 6) α-D-glucosido-(1 → ← 2) β-D-fructoside, réagit comme le saccharose, la liaison galactosidique supplémentaire ne semblant pas être rompue au cours du chauffage. Le mélézitose, ou α-D-glucosido-(1 → ← 2) β-D-fructosido-(3 ← 1) glucoside, se comporte, par contre, comme le fructose.

Cette technique peut être appliquée au dosage du fructose en solution pure ou dans des extraits végétaux, ainsi qu'à des fructosides, et nous l'avons appliquée au dosage du fructose et du saccharose, après séparation chromatographique sur papier et élution par l'eau, sur des quantités de glucides de l'ordre de 0,1 μmole.

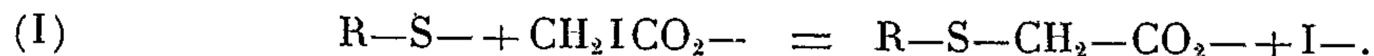
(1) Z. Dische, *J. Biol. Chem.*, 204, 1953, p. 983.
(2) J. H. Roe, J. H. Epstein et N. P. Goldstein, *J. Biol. Chem.*, 178, 1949, p. 839.
(3) K. Taufel et R. Zimmermann, *Fette-Seifen Anstrichmittel*, 63, 1961, p. 226.
(4) F. Percheron, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 1962 (sous presse).

(Laboratoire de Chimie Biologique, Faculté de Pharmacie de Paris.)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la dissociation des groupes* SH *de deux ferments : la déshydrogénase alcoolique de la levure et la déshydrogénase du phosphoglycéraldéhyde du muscle.* Note (*) de MM. **Louis Genevois** et **Jean Larrouquère**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

L'aptitude réactionnelle des fonctions SH vis-à-vis de l'iodacétate, chez ces deux ferments, apparaît, aux pH physiologiques, indépendante du pH du milieu, alors qu'elle dépend étroitement du pH pour les molécules simples.

Lorsqu'on mesure la vitesse de réaction d'un groupe SH appartenant à un corps de faible poids moléculaire (cystéine, acide thiomalique, thioéthanol, thioglycérol, thioéthylamine) avec l'iodacétate, on constate que la vitesse de réaction dépend fortement du pH du milieu; en première approximation, la vitesse de réaction est proportionnelle à la concentration en ions S^- des molécules réagissantes, au voisinage du pK de la molécule réagissante [1]. La réaction s'écrit



$$\text{(I)} \qquad R{-}S{-} + CH_2ICO_2{-} = R{-}S{-}CH_2{-}CO_2{-} + I{-}.$$

On peut donc, au voisinage du pK du groupe SH, considérer que la vitesse de la réaction (I) nous renseigne sur l'état de dissociation de la fonction SH.

Nous avons appliqué cette méthode à l'étude des fonctions SH de deux ferments, la déshydrogénase alcoolique de la levure (ADH) et la déshydrogénase du phosphoglycéraldéhyde du muscle (GPDH). Il est connu que l'action de CH_2ICO_2Na paralyse l'action de ces deux ferments [2]; les groupes SH réactionnels participent donc à la fonction ferment. L'expérience consiste à suivre dans le temps, à 20°, la vitesse de libération de l'ion iodure, lorsque le ferment réagit sur un grand excès d'iodacétate en milieu tamponné, à des pH compris entre 6,8 et 8. La réaction était stoppée par acidification du milieu à pH 1, l'ion iodure était oxydé en iode par l'eau oxygénée, et l'iode apparu était dosé colorimétriquement par son action sur l'empois d'amidon. Les études antérieures de J. Baraud et L. Genevois [3] ont montré que, dans ces conditions, l'iode ne réagit pas sur les aminoacides, libres ou combinés. Les protocoles expérimentaux dans le cas de l'ADH, ont paru dans le Mémoire de l'un de nous [1].

L'expérience a donné dans les deux cas un résultat surprenant : la vitesse de réaction des groupes SH est pratiquement indépendante du pH entre pH 6,8 et pH 8. Dans les conditions où nous opérions (concentrations en enzymes de l'ordre de 10^{-8} molécule par millilitre) le temps de demi-réaction était de l'ordre de 5 mn pour l'ADH, de 2,5 mn pour le GPDH., les mesures étaient terminées en 30 à 60 mn. Il faut donc

en conclure que l'état de dissociation des groupes SH sur une molécule ferment obéit à des lois différentes de la dissociation des molécules simples, et qu'il paraît à peu près indépendant des ions H_+ et OH_- du milieu extérieur aux pH physiologiques.

(*) Séance du 1er octobre 1962.

(1) J. LARROUQUÈRE, *Ann. Chim.*, 13e série, 6, 1961, p. 733.

(2) E. G. S. BARRON et S. LEVINE, *Arch. Biochem. Biophys.*, 41, 1952, p. 175.

(3) J. BARAUD et L. GENEVOIS, *Bull. Soc. Chim.*, 1955, p. 1499; *Chimie Analytique*, 38, 1956, p. 87; J. BARAUD, *Bull. Soc. Chim.*, 1957, p. 948.

(*Laboratoire de chimie biologique*
de la Faculté des Sciences de Bordeaux.)

PHARMACOLOGIE. — *Effets tenseurs de l'ergotoxine chez le Chien soumis à l'action d'une dose sympathicolytique appropriée d'akuammidine. Influence du premier de ces alcaloïdes sur l'hypotension provoquée par l'adrénaline chez un tel animal.* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons montré précédemment que certains alcaloïdes de l'ergot, qu'avant nos travaux, on tenait pour les types des agents sympathicolytiques, sont doués d'une action vaso-musculotrope qui peut s'opposer à la manifestation du phénomène caractéristique de l'activité sympathicolytique : c'est à savoir l'inversion de l'action hypertensive de l'adrénaline; et ceci, non seulement quand cette inversion devrait apparaître comme le résultat normal du traitement par ces alcaloïdes, mais même quand elle résulte de l'action de la yohimbine dont l'activité sympathicolytique, découverte par nous en 1925 ([1]), ne s'accompagne pas d'effets secondaires perturbateurs marqués, et qui, en conséquence, peut être considérée comme le type le plus pur des poisons sympathicolytiques qu'on connaisse actuellement.

La présente Note démontre, d'une part, que l'action hypertensive de l'ergotoxine n'est pas inversée par l'akuammidine, ce qui apporte une nouvelle preuve de l'action musculotrope des alcaloïdes de l'ergot, d'autre part, que l'adrénaline, rendue hypotensive par cette akuammidine, redevient hypertensive après qu'on a soumis l'animal à l'action de l'ergotoxine.

Dans l'expérience qui a fourni les tracés ci-joints, l'injection de 0,005 mg d'adrénaline, qui, initialement avait élevé la pression artérielle de 126 à 170, 165 et 188 mm de mercure, l'a — après administration de 9 mg d'akuammidine par kilogramme — fait passer de 134 à 150, 88, 117, 112, 137 et 96 mm de mercure, provoquant ainsi une hypotension maximale de 46 mm de mercure suivie d'un retour à la normale qui n'est pas régulièrement progressif mais qui comporte, après une faible et passagère déflexion de la pression, une chute très marquée de celle-ci qu'on peut hypothétiquement attribuer à une hypersécrétion médullo-surrénale survenant après la cessation des effets apparents de l'injection de l'adrénaline. Quant à l'oncogramme, il s'est montré à peu près parallèle au tensiogramme.

Alors que l'adrénaline avait ainsi perdu ses actions hypertensive et vasoconstrictive, l'ergotoxine les avait conservées puisqu'à la dose de 2 mg pour l'animal, elle a élevé la pression carotidienne de 137 à 210 mm de mercure et a provoqué une diminution marquée du volume du rein en même temps que l'abolition du pouls de cet organe.

Après cette injection d'ergotoxine, l'adrénaline, à la dose qui, avant elle, s'était montrée hypotensive, est redevenue hypertensive, la pression

carotidienne passant sous son influence, de 210 à 229, 196 et 234 mm de mercure. Quant aux modifications du volume du rein, si elles apparurent

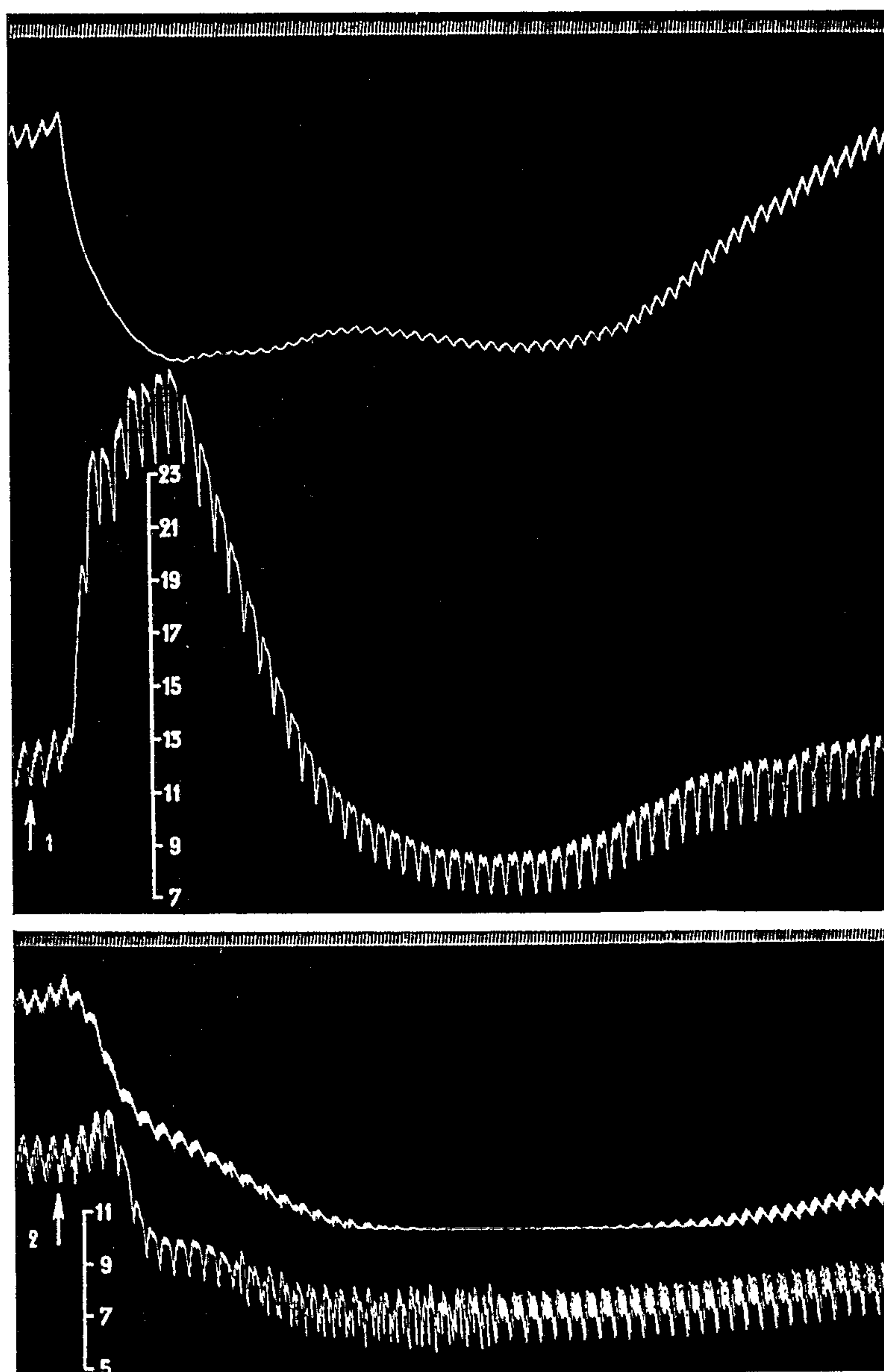


Fig. 1. — Chien de 8 kg, anesthésié par le chloralose (12 cg/kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re et 4e lignes : temps en secondes; 2e et 5e lignes : oncogramme; 3e et 6e lignes : tensiogramme carotidien. On a injecté, dans la saphène, en 1 et en 2, 0,5 mg de N-éthylnoradrénaline. Entre 1 et 2, l'animal a reçu dans les veines 72 mg d'akuammidine. Tracés réduits de 40 %.

au début comme à peu près parallèles à celles de la pression artérielle, elles cessèrent de l'être quand la courbe du tensiogramme descendit pour se retrouver au voisinage de son niveau initial; au cours de cette descente, en effet, le tracé oncographique continua son ascension; le pouls rénal

demeura cependant très réduit, ce qui témoigne de la persistance de l'action vasoconstrictive de l'ergotoxine.

Il convient d'ajouter que, sous l'influence de cette quantité modérée d'akuammidine, la N-éthylnoradrénaline, à la dose de 0,5 mg, qui provo-

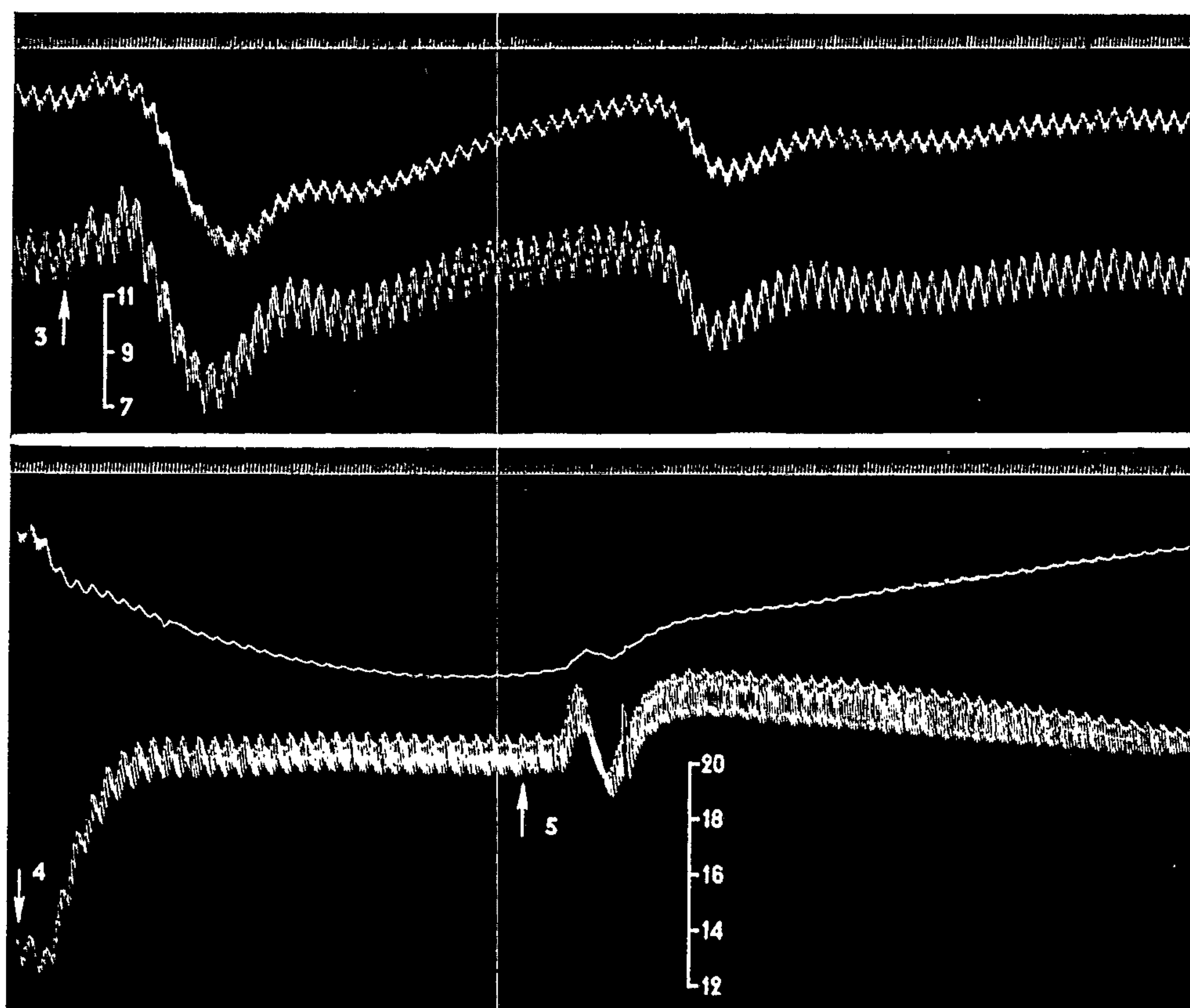


Fig. 2. — Suite de la figure 1. On a injecté dans la saphène en 3 et en 5, 0,005 mg de bitartrate d'adrénaline pure de Höchst; en 4, 2 mg d'éthanesulfonate d'ergotoxine. Tracés réduits de 40 %.

quait initialement une hypertension de 141 mm de mercure suivie d'une hypotension amenant la pression artérielle à 43 mm au-dessous de son niveau initial, n'eut plus pour effet qu'une hypotension qui abaissa la pression artérielle de 140 à 78 mm, soit de 62 mm de mercure, c'est-à-dire qui fut plus profonde que celle qu'avait atteinte initialement la seconde phase de l'action tensive de la N-éthylnoradrénaline.

(1) RAYMOND-HAMET, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 2074; *Rev. de Pharmacol. et Thérap. expérim.*, 2, 1931, p. 69.

PHARMACOLOGIE. — *Mise en évidence, par un test pharmacologique, de relations entre le métabolisme de quelques dérivés de la pyridoxine et l'action antidépressive, chez la Souris, d'inhibiteur de la monoamine oxydase (IMAO).* Note (*) de M[mes] **Annette Denys**, **Jeanne Lévy** et **Estera Michel-Ber**, présentée par M. Léon Binet.

Parmi les dérivés de la pyrodixine susceptibles d'inverser, comme le pyridoxal-5-phosphate, l'action éveilleuse que la 3.4-dihydroxyphénylalanine exerce en présence d'un IMAO vis-à-vis du sommeil expérimental de la Souris, la forme phosphorylée mais non oxydée (pyridoxamine-5-phosphate) est inactive, alors que la forme oxydée non phosphorylée (pyridoxal) est active.

Dans des travaux antérieurs ([1]) nous avons montré que le pyridoxal-5-phosphate, P 5 P, rétablit, chez la Souris, les effets normalement dépresseurs de la 3.4-dihydroxyphénylalanine, DOPA, lorsque ceux-ci ont été inversés sous l'influence de divers IMAO, porteurs ou non de la fonction hydrazine. Nous avons admis primitivement : 1° que les effets régulièrement éveilleurs manifestés par DOPA en présence des IMAO sont la conséquence d'une inhibition plus ou moins partielle de la décarboxylation, ce qui entraîne l'accumulation de l'acide aminé dans le cerveau; 2° que P 5 P, coenzyme de la DOPA décarboxylase, lève cette inhibition.

Après que Mc Cormick et coll. ([2]) eurent constaté l'inhibition, *in vivo*, de la pyridoxalphosphokinase abondante dans le tissu cérébral par, notamment, l'hydrazine et l'azine de pyridoxal, nous avons émis l'hypothèse ([1]) que les IMAO peuvent agir indirectement sur la décarboxylation de DOPA par inhibition de la pyridoxalphosphokinase indispensable à la formation de P 5 P endogène.

Afin de vérifier le rôle revenant dans les phénomènes exposés ci-dessus à la pyridoxalphosphokinase, nous avons administré, par la voie intrapéritonéale, comparativement à P 5 P, quelques dérivés de la pyridoxine, phosphorylés et non phosphorylés, sous forme de chlorhydrates : le pyridoxal, la pyridoxine, la pyridoxamine et le pyridoxamine-5-phosphate à des doses variant de 270 à 300 mg/kg.

Le protocole expérimental est le suivant : A chacun des six groupes de Souris témoins, souche Swiss, sont administrés, par injection intrapéritonéale, soit l'hydrate de chloral (325 mg/kg), soit 10 mn avant le chloral, D. L. DOPA (150 mg/kg) soit, 25 mn et 20 h avant le chloral, l'hydrazino-2-octane, D.1514 (10 mg/kg), soit DOPA + D.1514 + chloral en respectant les délais ci-dessus indiqués.

A six autres groupes de souris de même souche, est administré par la voie intrapéritonéale, outre les substances indiquées ci-dessus, 30 ou 60 mn avant le chloral, l'un des dérivés de la pyridoxine, soit avant IMAO (action préventive), soit après IMAO (action curative).

Le même protocole expérimental est répété pour chacun des dérivés de la pyridoxine.

L'action hypnotique de l'hydrate de chloral dont la durée est déterminée (intervalle de temps pendant lequel l'animal reste couché sur le dos jusqu'au moment où il se remet debout sur ses pattes) est modifiée sous l'influence des différentes associations; elle disparaît avec l'association D.1514 + DOPA; elle réapparait, à des degrés divers, lorsque à cette association sont ajoutés certains dérivés de la pyridoxine.

Nous réunissons, dans le tableau ci-dessous, les résultats expérimentaux obtenus avec l'association D.1514 + DOPA + dérivés de la pyridoxine. Nous chiffrons l'inversion de l'action éveilleuse de DOPA par les dérivés de la pyridoxine, en pourcentage de Souris endormies.

Inversion de l'action éveilleuse de DOPA, en présence d'un IMAO (D.1514) *par les dérivés de la pyridoxine.*

Dérivés de la pyridoxine.	Administrés avant IMAO (action préventive). — Pourcentage de souris endormies.	Administrés après IMAO (action curative). — Pourcentage de souris endormies.
P 5 P	95	85
Pyridoxal	100	40
Pyridoxine	47	0
Pyridoxamine	0	0
Pyridoxamine-5-phosphate	10	0

Du point de vue de l'inversion de l'action éveilleuse exercée par DOPA en présence d'un IMAO, les dérivés de la pyridoxine se classent comme suit : 1° en ce qui concerne leur action préventive, P 5 P = pyridoxal > pyridoxine, la pyridoxamine et le pyridoxamine-5-phosphate étant inactifs; 2° en ce qui concerne leur action curative, P 5 P > pyridoxal, les autres dérivés étant inactifs.

Or Wada et Snell ([3]) qui étudient, d'une part, les enzymes qui phosphorylent la pyridoxine et, d'autre part, celles qui l'oxydent, concluent de leurs expériences que la pyridoxine et la pyridoxamine sont, *in vivo*, phosphorylées avant d'être oxydées et transformées en P 5 P. D'autre part, plus récemment Lyon et coll. ([4]) ont confirmé ([5]) que les dérivés de la pyridoxine présents dans les tissus, sont principalement constitués par les deux dérivés phosphorylés, P 5 P et le pyridoxamine-5-phosphate; le taux des autres dérivés n'atteignant pas 10 %. D'après ces auteurs, le pyridoxamine-5-phosphate cérébral est emmagasiné en quantité prépondérante dans les mitochondries et constitue une forme de réserve.

En tenant compte de ces données et de notre hypothèse antérieurement émise ([1]), si les IMAO, comme l'hydrazine ([2]), inhibaient la pyridoxal-phosphokinase *in vivo*, le pyridoxal, la pyridoxine et la pyridoxamine ne pourraient subir la phosphorylation et devraient être inactifs dans nos expériences. Or, le pyridoxal est presque aussi actif que P 5 P et la pyridoxine est partiellement active (action préventive). Par contre, suivant la même hypothèse, le pyridoxamine-5-phosphate pourrait se transformer en P 5 P sous l'influence de la pyridoxamine-5-phosphate oxydase ([6]) et devrait être actif. Or il n'exerce ni action préventive, ni action curative.

Conclusions. — Nos expériences plaident donc en faveur d'une perturbation, au moins partielle, de l'oxydation enzymatique des dérivés de la pyridoxine par les IMAO, plutôt que d'une atteinte de la phosphorylation du dérivé oxydé de la pyridoxine, le pyridoxal.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) J. Lévy et E. Michel-Ber, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 4067; Communication aux *Journées de l'Union thérapeutique*, Genève, octobre 1961; *Proc. Intern. Union of Physiological Sciences, XXIIe Congrès international*, Leyde, 2, nº 1233, 1962.

(2) D. B. Mc Cormick et E. E. Snell, *Proc. Acad. Sc. N. Y.*, 45, 1959, p. 1371; *J. Biol. Chem.*, 236, 1961, p. 2085.

(3) H. Wada et E. E. Snell, *J. Biol. Chem.*, 236, 1961, p. 2089.

(4) J. B. Lyon, J. A. Bain et H. L. Williams, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 1989.

(5) J. A. Bain et H. L. Williams, *Inhibition in the nervous system and γ amino butyric acid.*, Pergamon Press, 1960, p. 275.

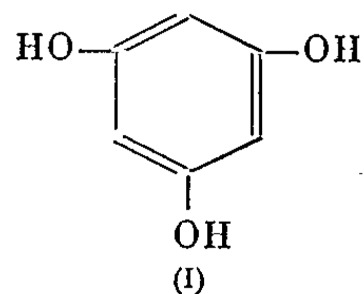
(6) Cette enzyme est distincte de la monoamine-oxydase et de la diamine-oxydase.

(*Laboratoire de Pharmacologie chimique*, 15 *rue de l'École de Médecine, Paris.*)

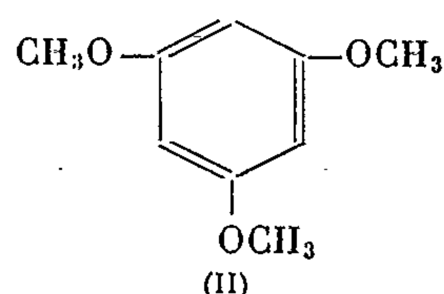
PHARMACODYNAMIE. — *Action inhibitrice du 1.3.5-triméthoxybenzène sur le muscle lisse.* Note (*) de M. **Raymond Cahen**, M[lle] **Jacqueline Nadaud** et M[me] **Simone Taurand**, présentée par M. Léon Binet.

Le triméthoxybenzène exerce une action inhibitrice du muscle lisse sélective à l'uretère et au sphincter d'Oddi. Bien que de toxicité moindre que le dérivé hydroxylé correspondant, le triméthoxybenzène est plus actif et de plus longue durée d'action.

Le trihydroxybenzène (I) est un antispasmodique à prédominance musculaire d'action fugace ([1]). Dans l'hypothèse où la fugacité d'action de ce polyphénol serait due à sa rapide biotransformation ([2]), nous avons tenté de ralentir ces processus en bloquant les OH phénoliques. L'un des dérivés synthétisés, identifié par son point de fusion 50-52°C est le 1.3.5-triméthoxybenzène (II) répondant à la formule suivante :



(I)



(II)

1. Action sur les organes isolés. — Le triméthoxybenzène est un inhibiteur du muscle lisse. Son action musculotrope et neurotrope est plus élevée que celle du trihydroxybenzène (tableau I). L'effet antispasmodique sur l'uretère isolé de cobaye, étudié par la méthode de Binet et Stoiesco ([5]) est 6 fois plus élevé que celui du trihydroxybenzène (*fig.* 1).

2. Action sur divers appareils *in situ*. — *Appareil vasculaire* : Sur quatre chiens chloralosés la triméthoxybenzène exerce une hypotension faible (15 %) à 5 mg/kg intraveineux, plus nette (44 et 53 %) à 10 et 20 mg/kg. *Duodénum* : L'effet intestinal est moins sensible, sur quatre chiens chloralosés sur lesquels un spasme duodénal est produit par perfusion continue de $BaCl_2$ (0,20 mg/kg/mn), l'injection intraveineuse de 5 mg/kg de triméthoxybenzène est inactive; 20 mg/kg produisent un arrêt fugace du péristaltisme d'un chien sur trois. *Sphincter d'Oddi :* L'action la plus sensible concerne le sphincter d'Oddi. Sur quatre chiens chloralosés et cholecystectomisés, 5 mg/kg intraveineux diminuent de 60 % les pressions de passage et résiduelle, des voies biliaires enregistrées par la méthode de manométrie biliaire ([6]). Un effet voisin et de moindre durée s'observe à une dose 5 fois plus élevée du dérivé hydroxylé correspondant (*fig.* 2). *Glandes d'Harderian :* Même la dose de 375 mg/kg par voie intrapéritonéale de triméthoxybenzène ne bloque l'effet de l'acétyl-β-méthylcholine que sur 2/12[e] des rats, lorsqu'on utilise comme test l'effet de cet agent cholinergique sur la chromodacryorrhée ([7]).

TABLEAU I.

Effet comparé du triméthoxybenzène (M), *du trihydroxybenzène* (H) *et de la papavérine* (Pa) *sur les organes isolés.*

Organes.	Méthode.	Agent spasmogénique (γ/ml Tyrode).	Trihydroxybenzène. Nombre d'essais.	Trihydroxybenzène. ED_{50} (γ/ml).	Triméthoxybenzène. Nombre d'essais.	Triméthoxybenzène. ED_{50} (γ/ml).	Papavérine. Nombre d'essais.	Papavérine. ED_{50} (γ/ml).	Rapport d'activité. $\frac{H}{M}$.	Rapport d'activité. $\frac{M}{Pa}$.
Duodénum de rat......	Magnus ([3])	$BaCl_2$: 160	11	500	11	42,5	13	3,5	11	12
		Acétylcholine : 0,16	10	1250	10	56	10	3,3	22	16
Coronaires de lapin....	Cahen ([4])	$BaCl_2$: 150	8	1700	9	165	7	2	10,3	82,5
Uretère de cobaye...	Binet ([5])	$BaCl_2$: 50	5	6250	7	1000	2	30	6,2	33,7

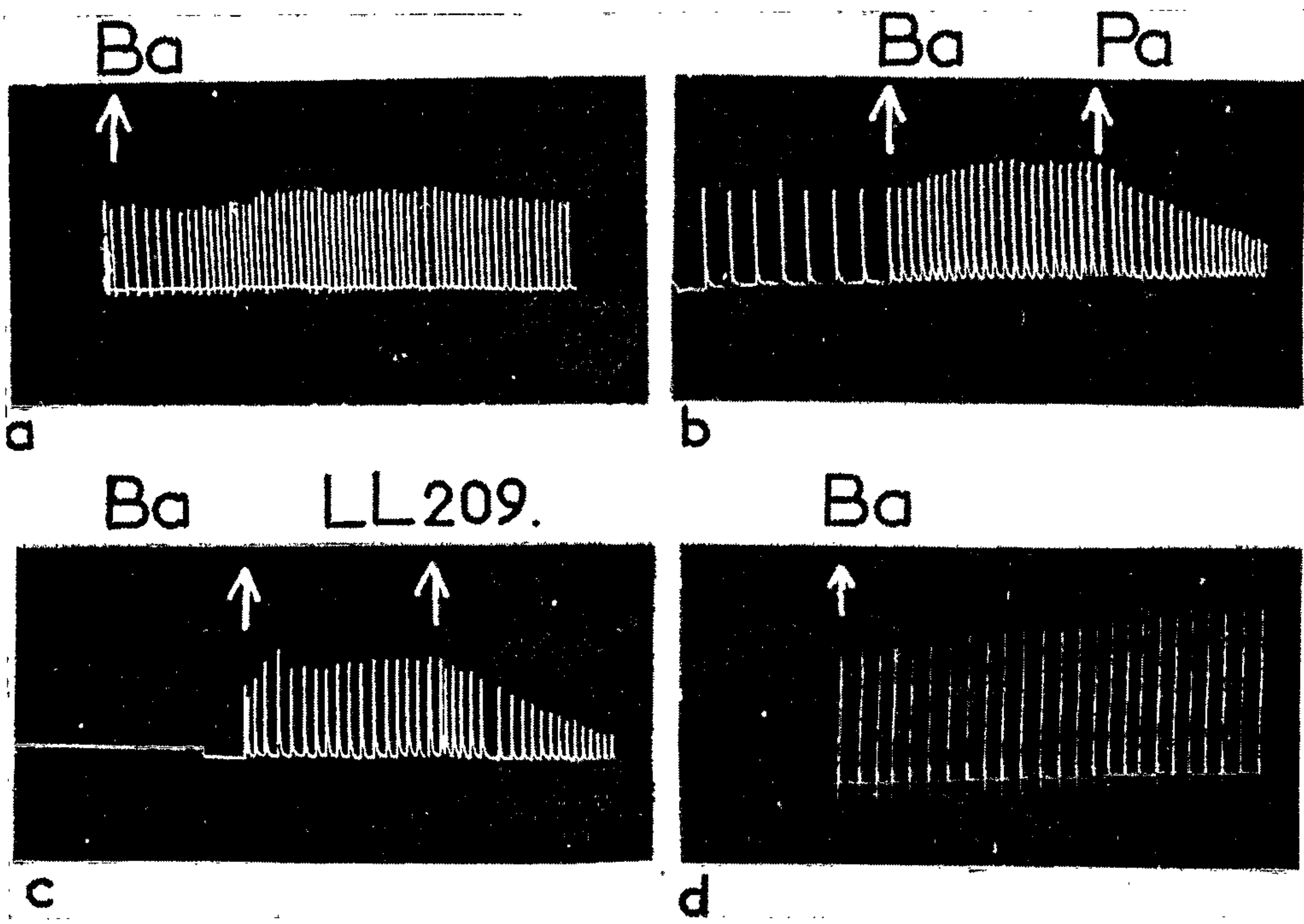


Fig. 1. — Effet sur l'uretère isolé de cobaye.
a, d, effet de Ba : Cl_2Ba, 50 mg/ml; *b*, effet de la même dose de Cl_2 Ba suivie de Pa (chlorhydrate de papavérine), 0,03 mg/kg; *c*, après lavage, effet de la même dose de Cl_2Ba suivie de LL-209 (triméthoxybenzène), 1 mg/ml.

3. Durée d'action. — Étudié par la méthode du repas coloré ([7]) chez 84 souris, le transit gastro-intestinal est ralenti de 50 % après 15 mn, par l'injection intrapéritonéale, soit de 0,2 g par kilogramme de triméthoxy-

benzène (II), soit de 1 g par kilogramme de trihydroxybenzène(I). Un ralentissement de 20 % s'observe encore après 120 mn pour le premier (II) et après 60 mn seulement pour le second (I).

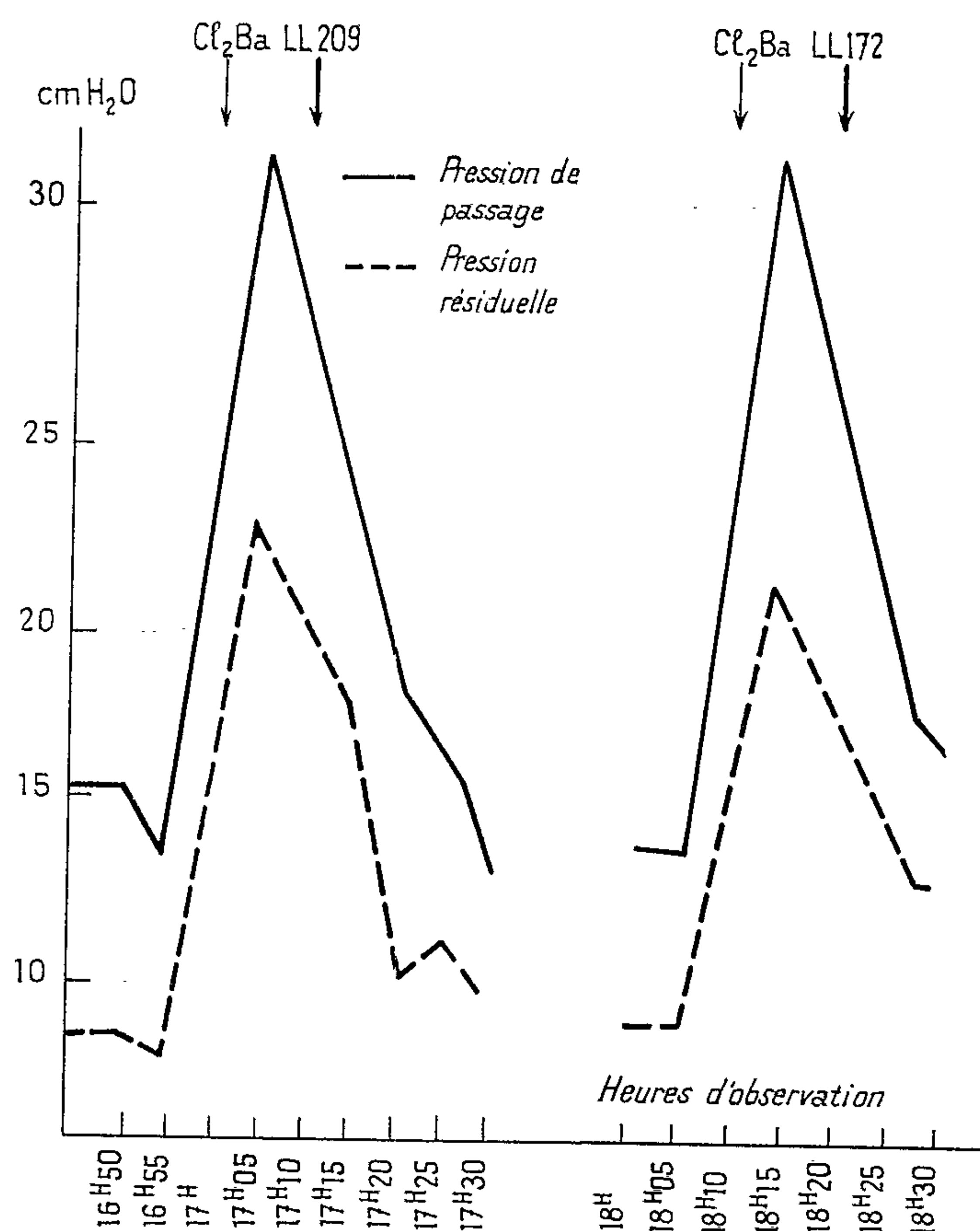


Fig. 2. — Effet sur la pression biliaire de passage et la pression résiduelle d'un chien cholecystectomisé.

En ordonnée : Pression biliaire, exprimée en centimètres d'eau, mesurée au moyen du manomètre de Villaret. *En abscisse :* Heures de l'observation; *à gauche :* Cl_2Ba, 3 mg/kg I. V., LL-209 triméthoxybenzène, 5 mg/kg I. V.; *à droite :* LL-172, 25 mg/kg I V.

(*) Séance du 1er octobre 1962.

(1) R. Cahen, *Arch. Inst. Pharmacodyn.*, 138, 1962, p. 311.
(2) E. Zunz, *Éléments de Pharmacodynamie générale*, Masson et Cie, 1930, p. 381.
(3) R. Magnus, *Arch. f. d. ges. physiol.*, 102, 1904, p. 362.
(4) R. Cahen et J. Chariot, *C. R. Soc. Biol.*, 154, 1960, p. 2235.
(5) L. Binet et S. Stoiesco, *Arch. Urol. Clin. Necker*, 7, 1931, p. 1.
(6) W. L. Butsch, J. M. Mc Gowan et W. Walters, *Surg. Cynec. and obst.*, 63, 1936, p. 451.
(7) R. Cahen et K. Tvede, *J. Pharm. exp. Ther.*, 105, 1952, p. 166.

(*Centre de Recherches Lafon, Maisons-Alfort.*)

VIROLOGIE. — *Prévention de la fièvre aphteuse, chez le Bovin, par injection intraveineuse de lactoglobulines-anticorps purifiées.* Note (*) de MM. **J.-André Thomas** et **Jean Leclerc**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Introduction. — Nous avons cherché, depuis 1960, à mettre au point une méthode de préparation de lactoglobulines-anticorps de virus. Des travaux préliminaires ont montré que l'injection dans la mamelle de vaches laitières par le canal de chacun des quatre trayons, du virus de la fièvre aphteuse d'abord inactivé par l'oxyde d'éthylène, puis virulent, ou du virus de la poliomyélite virulent, suscite l'apparition d'anticorps dans le lait, puis dans le sang. Les vaches ainsi traitées par voie locale acquièrent une hyperimmunité générale très solide, qui est entretenue chaque semaine par recharge de la mamelle en antigène; ces animaux constituent alors une source continue et abondante d'anticorps.

Nous avons d'abord obtenu une protection appréciable, mais incomplète, de la Vache contre l'inoculation du virus aphteux O_2, par injection sous la peau de lactosérum immun brut [1]. Ensuite, à partir du lactosérum de vaches hyperimmunisées contre chacun des trois virus O_2, A_5, C, nous avons extrait les lactoglobulines antiaphteuses brutes. Celles-ci ne pouvaient pas être injectées par voie intraveineuse, car elles provoquaient un choc grave; par contre, les bovins en supportaient bien l'injection sous-cutanée. Par cette voie, avec un mélange de lactoglobulines antiaphteuses O_2, A_5 et C, nous avons assuré une assez bonne protection contre la contagion aphteuse, mais nous n'avons pas conféré une protection suffisante contre l'inoculation dans le derme lingual des virus correspondants [2]. Avec M. P. Lépine, nous avons étendu nos recherches au virus de la poliomyélite type I; nous avons obtenu chez la Vache des lactoglobulines antipoliomyélitiques purifiées, qui atteignent le titre séroneutralisant de 1/160 000 et qui, par injection sous la peau pendant la période d'incubation, protègent le Cynocéphale contre l'inoculation intracérébrale du virus de la poliomyélite type I; enfin, chez la Vache recevant le virus par voie intramammaire, le taux des anticorps dans le sang s'élève au titre neutralisant de 1/256 000 [3]. Ce titre dépasse de beaucoup celui que permet de provoquer l'hyperimmunisation du Cheval, suivie d'une deuxième série de rappel avec des doses très considérables de virus poliomyélitique concentré, adsorbé sur phosphate de calcium et inactivé, soit le titre neutralisant de 1/100 000 [4]. *Tout se passe comme si, lors de l'hyperimmunisation par la voie mammaire, la mamelle en lactation jouait un rôle privilégié dans le développement de l'immunité générale.* Étant donnés ces divers résultats, le plan que nous devions suivre dès lors semblait clairement tracé, en ce qui concerne notre mission sur la fièvre aphteuse :

préparer comme précédemment des lactoglobulines antiaphteuses de titre élevé et suffisamment purifiées pour que le bovin puisse les supporter par injection rapide, à dose suffisante, *par voie intraveineuse.*

INOCUITÉ CHEZ LE BOVIN DES LACTOGLOBULINES ANTIAPHTEUSES PURIFIÉES, INJECTÉES PAR VOIE INTRAVEINEUSE. — Ces lactoglobulines dialysées, stérilisées par filtration, en solution dans le chlorure de sodium à 9 ‰, sont limpides, légèrement opalescentes, stables, ajustées à pH 7. L'injection rapide de 500 ml dans la veine jugulaire du bovin, au flacon injecteur, provoque une légère polypnée pendant environ 1 h; parfois, la polypnée est plus intense et disparaît après 3 h; les animaux peuvent présenter une faible hyperthermie; de toutes façons, l'injection intraveineuse de ces globulines homologues est bien supportée.

CONDITIONS EXPÉRIMENTALES. — Le titre sur bovin de la souche fraîchement repassée de virus aphteux C, employée pour ces expériences, est 10^{-6}. Le stock de lactoglobulines antiaphteuses purifiées est 40 fois plus concentré que le lactosérum dont il provient. Son pouvoir neutralisant *in vitro*, éprouvé chez le Cobaye, est proche de 10^{-4}. Les bovins pèsent environ de 180 à 250 kg, ils sont réceptifs à la fièvre aphteuse et restent groupés dans la même étable, sur litières non changées. L'expérience comprend deux temps et offre à l'analyse trois parties : prévention de la fièvre aphteuse pendant la contagion, prévention après inoculation virulente, réinoculation 16 jours après, comme test initial de la durée de l'immunité passive.

PREMIER TEMPS DE L'EXPÉRIENCE. — Dix bovins sont disposés côte à côte en deux rangs : d'une part, deux témoins d'inoculation T_1 et T_2 encadrant 3 sujets qui seront soumis à la contagion : c_1, c_2, c_3, et, d'autre part, cinq destinés à l'inoculation : i_1, i_2, i_3, i_4, i_5. Les huit animaux : 3 *c* et 5 *i*, reçoivent dans la veine jugulaire 500 ml de lactoglobulines antiaphteuses C purifiées. Les sept autres : $2T + 5i$ sont inoculés (environ 4 h après l'injection préventive, dans le cas des *i*) de 10 000 doses infectantes de virus aphteux C, en deux points de 0,5 ml dans le derme lingual. Ainsi, T_1 et T_2 inoculés et non protégés, doivent faire une fièvre aphteuse grave et constituer une source permanente de contagion pour c_1, c_2 et c_3 qu'ils touchent; ceux-ci, préalablement protégés, doivent rester indemnes; enfin, il peut en être de même, si la protection est très efficace, des 5*i*, inoculés et protégés.

RÉSULTATS. — *Témoins* T_1 *et* T_2. — *Fièvre aphteuse grave* : aphtes primaires aux deux points d'inoculation, rapidement extensifs, décollement de la totalité de la face supérieure de la muqueuse linguale; fièvre à 40°6 et 41°,2; cessent de boire et manger; aphtes secondaires aux lèvres et aux gencives; salivation abondante, jetage purulent; généralisation aphteuse aux quatre pieds le quatrième jour; état général mauvais; amaigrissement très important.

Bovins soumis à la contagion c_1, c_2, c_3 : *restent totalement indemnes, sans hyperthermie*, bien que léchant directement la bave de leurs voisins T_1 et T_2 pendant 16 jours.

Bovins inoculés i_1, i_2, i_3, i_4, i_5 : *chez tous, pas d'hyperthermie; conservation parfaite de l'état général.* Les sujets i_2, i_4, i_5 *restent absolument indemnes.* Le bœuf i_3, croisé charolais gris, fait un aphte à un point d'inoculation et rien à l'autre point; aucune autre manifestation aphteuse; i_1 présente, le quatrième jour, à un point d'inoculation, une macule plate qui s'érode au niveau de l'épiderme et se cicatrise en trois jours; pas d'autre lésion aphteuse; ce type de lésion locale unique et apyrétique de i_3 et de i_1 entre dans la catégorie officiellement admise comme témoignant de la résistance, lors de l'épreuve d'immunité après vaccination.

Deuxième temps de l'expérience. — Après 16 jours, des bovins neufs T_3 et T_4, témoins de réinoculation, sont substitués à T_1 et T_2. On inocule 10 000 doses infectantes de virus C, en deux points, dans le derme lingual des bovins T_3, c_1, c_2, c_3, T_4, i_2, i_4, i_5.

Résultats. — *Témoins* T_3 *et* T_4. — Fièvre aphteuse grave, analogue à celle de T_1 et T_2, avec aphtes aux quatre pieds.

Groupe c_1, c_2, c_3. — Un aphte local à chacun des deux points d'inoculation, peu extensifs, régressant rapidement : les deux aphtes de c_1 sont cicatrisés dès le 5e jour. *Pas d'aphtes secondaires, pas d'atteinte de l'état général.*

Groupe i_2, i_4, i_5. — Le sujet i_4 reste *totalement indemne*, sans aphtes locaux; i_2 et i_5 : aphte local à chacun des deux points d'inoculation, non extensifs; i_2 est cicatrisé dès le 4e jour. *Pas d'aphtes secondaires, pas d'atteinte de l'état général.*

Conclusions. — 1° Les lactoglobulines antiaphteuses suffisamment purifiées pour pouvoir être injectées sans risque par voie intraveineuse peuvent protéger totalement le bovin contre la contagion aphteuse directe la plus sévère, maintenue en permanence pendant 16 jours.

2° Ces lactoglobulines assurent, selon les animaux, une protection soit totale, soit partielle mais suffisante contre l'inoculation dans le derme lingual de 10 000 doses infectantes du virus correspondant. Cette même épreuve, renouvelée après 16 jours, montre que l'immunité passive conférée est encore efficace et prévient totalement la généralisation aphteuse.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) J.-André Thomas et J. Leclerc, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1690.

(2) J.-André Thomas et J. Leclerc, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2785.

(3) P. Lépine, J.-André Thomas et J. Leclerc, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3467.

(4) M. Raynaud, M. Digeon, P. Lépine, L. Nicol, R. Corvazier et M. Cheyroux, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3288.

(*Institut National de la Recherche Agronomique, Laboratoire de Recherches sur les Virus, Ile d'Aix* et *Institut Pasteur, Paris.*)

La séance est levée à 16 h.

R. C.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU 12 NOVEMBRE 1962

PRÉSIDENCE DE M. ARNAUD DENJOY.

CORRESPONDANCE.

L'Académie reçoit les lettres de candidature

— de M. **Robert Monod**, à la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. *Henri Mondor;*

— de M. **Louis Gallien**, à la place vacante, dans la Section de Zoologie, par la mort de M. *Christian Champy;*

— de M. **Paul Laffitte**, à la place vacante, dans la Section de Chimie, par la mort de M. *Gabriel Bertrand.*

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

Les Ouvrages suivants sont offert ou adressé en hommage à l'Académie :

— par M. **Jacques Bourcart**, un fascicule intitulé : *La vie et l'œuvre de Louis Gentil* (1868-1925);

— par M. **Raymond Cornubert**, la troisième édition de son *Dictionnaire chimique anglais-français.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées ou multicopiées de la Correspondance :

1° Eugène-Harry Thompson. *Le contacteur et ses applications.*

2° J. Berger et J. Viard. *Physique des explosifs solides.* Préface de Yves Rocard.

3° *La commande des moteurs électriques et son application aux engins de levage*, par Marcel Bizot.

4° Communauté européenne de l'énergie atomique (EURATOM). *Discours de M. E. M. J. A. Sassen, membre de la Commission, devant le Parlement européen et l'Assemblée consultative du Conseil de l'Europe. Neuvième réunion jointe, Strasbourg,* 17 *septembre* 1962.

5° Deutsche geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. *Literatur über das Europäische Gravimeter-Eich-system,* herausgegeben von M. KNEISSL.

6° S. O. GREBINSKIĬ. *Rost Rastenii (Croissance des végétaux).*

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Sur le chalumeau à plasma haute fréquence.* Note (*) de MM. **François Galtier, François Leprince-Ringuet, Jean Reboux, Robert Collongues** et **Georges Chaudron.**

Les chalumeaux à plasma constituent de remarquables moyens de production de températures supérieures à 5 000°C. Les différents modèles de chalumeaux se distinguent par le mode de génération du plasma. Dans le dispositif décrit, l'ionisation du fluide plasmagène est assurée par des courants haute fréquence d'origine inductive. L'appareil ne comporte ainsi aucune électrode au contact du plasma. Il en résulte deux avantages essentiels pour le chimiste : d'une part le plasma ne subit aucune pollution; d'autre part, il est possible d'utiliser des fluides variés soit neutres (argon), par exemple pour la fusion des métaux réfractaires sensibles à l'oxydation, soit au contraire très réactifs pour la réalisation de diverses synthèses chimiques. Des perfectionnements récents dont le plus important est la superposition au champ haute fréquence d'un champ électromagnétique continu ou alternatif ont permis d'augmenter dans des proportions notables la puissance dissipée dans le plasma et d'envisager des applications de ce chalumeau à l'échelle industrielle.

Dans une publication précédente nous avions décrit les principes de construction d'un nouveau modèle de chalumeau à plasma (¹). Dans le chalumeau à plasma classique, l'ionisation du fluide plasmagène est provoquée par un arc électrique. Cette ionisation est assurée dans le nouveau dispositif envisagé par des courants haute fréquence d'origine inductive.

Nous nous proposons dans cette Note d'étudier les conditions de fonctionnement de ce chalumeau à plasma haute fréquence, et de décrire les perfectionnements qui lui ont été récemment apportés. L'appareil se compose de deux parties :

1° Le générateur haute fréquence d'une puissance de 10 kW est équipé d'une triode autooscillatrice. La fréquence optimale varie avec la nature du fluide plasmagène. Elle a été fixée à 5 MHz pour les plasmas d'argon ou à fort pourcentage d'argon. La tension haute fréquence est voisine de 2 kV. Elle peut être augmentée au moyen d'un jeu de capacités ou d'une self à noyau plongeur pour permettre le fonctionnement du chalumeau en plasma argon-oxygène ou argon-azote.

2° Le chalumeau proprement dit est constitué :

a. d'un tube de silice vitreuse transparente à double paroi refroidi par courant d'eau. L'extrémité supérieure du tube est munie d'une tête permettant l'arrivée tangentielle du fluide plasmagène. L'extrémité inférieure est ouverte à l'air libre. Le diamètre intérieur optimal de ce tube varie avec les conditions d'utilisation et la puissance haute fréquence. Nous avons utilisé des tubes de 20 à 40 mm de diamètre;

b. d'un inducteur du type solénoïde à simple ou double couche comportant de quatre à six spires. Il entoure le tube vers l'extrémité ouverte de celui-ci (*fig.* 1).

Le fluide utilisé pour l'amorçage est l'argon. La préionisation nécessaire à la formation du plasma est assurée par création d'une effluve entre

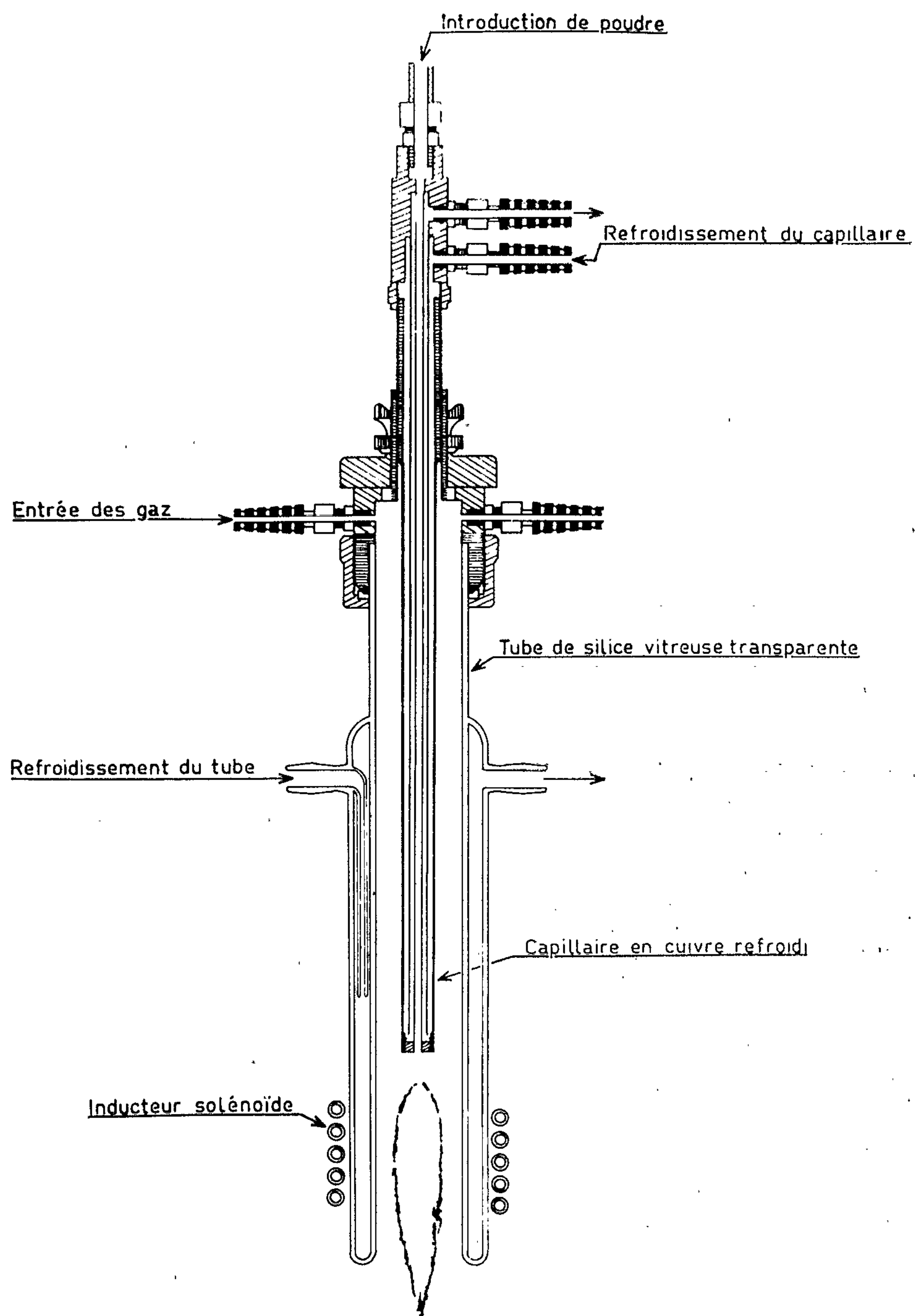


Fig. 1. — Schéma du chalumeau à plasma haute fréquence.

MM. F. GALTIER, F. LEPRINCE-RINGUET, J. REBOUX,
R. COLLONGUES et G. CHAUDRON.

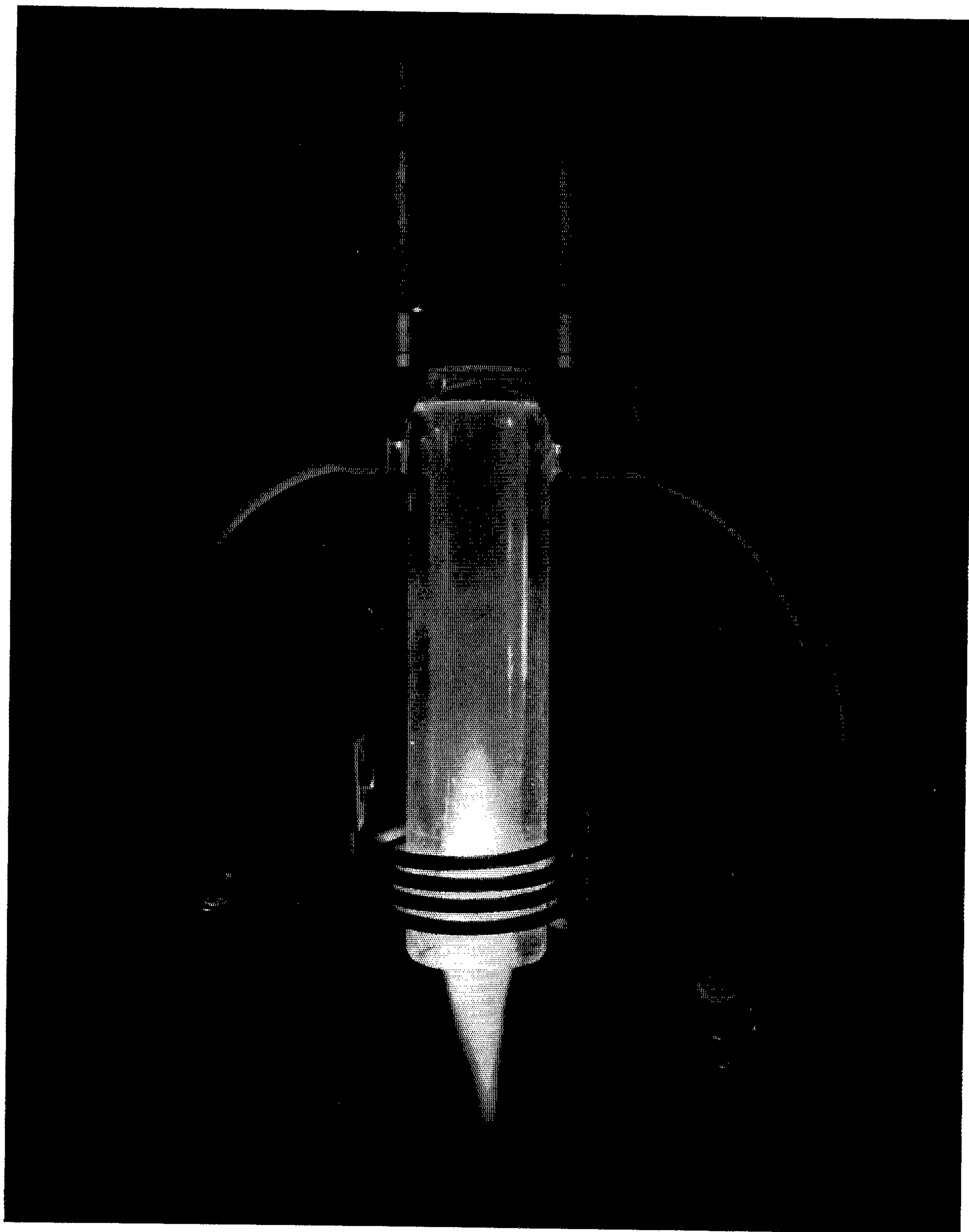


Fig. 2. — Fonctionnement du chalumeau à plasma alimenté uniquement en courant haute fréquence.

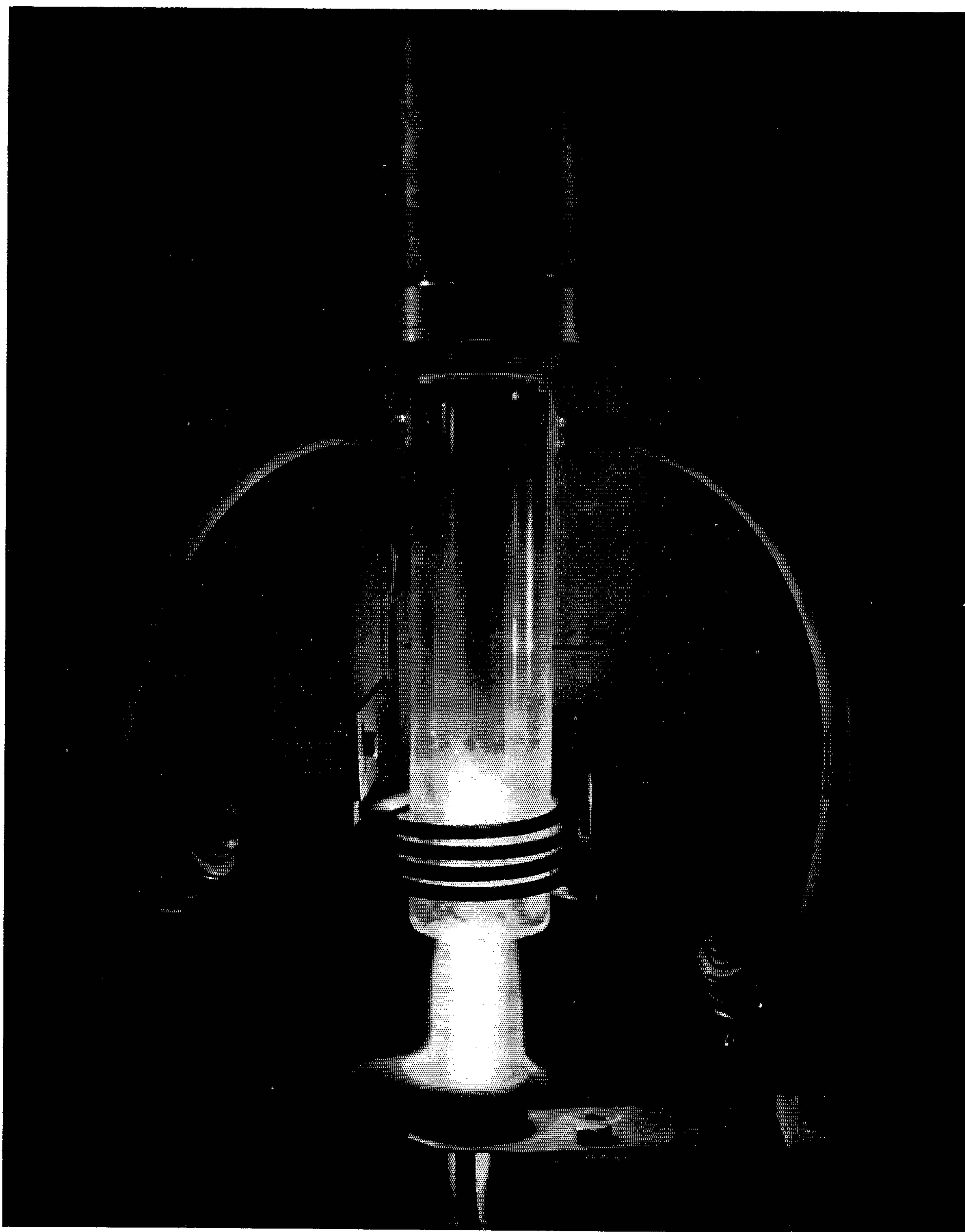


Fig. 3. — Fonctionnement du chalumeau à plasma
avec superposition d'un champ électromagnétique continu au champ haute fréquence.

l'inducteur et une électrode de métal réfractaire reliée à la masse. L'électrode est retirée dès l'amorçage du plasma. Le débit global moyen du fluide en marche continue (*fig.* 2) varie avec le diamètre de l'enceinte utilisée. Par exemple, dans le cas d'un tube de 35 mm de diamètre intérieur, il est voisin de 50 l/mn.

Après amorçage dans l'argon pur, il est possible de procéder à des additions d'autres gaz en conservant le même débit total :

oxygène (80 % oxygène, 20 % argon);

azote (40 % azote, 60 % argon), air comprimé, hydrogène.

L'addition de ces gaz polyatomiques renforce la puissance calorifique du plasma.

Les températures maximales mesurées par spectrographie peuvent atteindre 20 000°K au centre du plasma ([2]).

La vitesse d'éjection des gaz à travers l'enceinte (quelques dizaines de mètres par seconde) est faible par rapport à la vitesse mesurée dans les chalumeaux à plasma-arc classiques (quelques centaines de mètres par seconde).

La puissance totale du chalumeau peut être considérablement accrue en superposant à la source haute fréquence une source continue de quelques dizaines de kilowatts (*fig.* 3). L'arc est entretenu entre deux électrodes en cuivre refroidies. La cathode constituée d'un tube capillaire de cuivre est située dans l'enceinte et peut servir à l'apport de matériaux chauffés au cœur du plasma (*fig.* 1). L'anode située à l'extrémité ouverte de l'enceinte peut servir de support pour les échantillons à chauffer.

Cet appareil présente deux avantages sur le chalumeau à plasma-arc :

1° l'absence d'électrodes permet l'utilisation de fluides très variés, même très réactifs (réducteurs ou oxydants);

2° la faible vitesse d'éjection des gaz permet de maintenir les échantillons au cœur du plasma. Le chauffage étant ainsi effectué en atmosphère rigoureusement neutre, on évite toute altération du matériau : le tungstène a été fondu sans la moindre oxydation.

Ces avantages apparaissent essentiels pour les applications dans les domaines de la spectroscopie, de la métallurgie, de la synthèse chimique et des mesures physicochimiques à haute température.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

([1]) R. Collongues et F. Leprince-Ringuet, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1962, p. 522.

([2]) T. B. Reed, *J. Appl. Phys.*, 32, 1961, p. 821.

PHYSIOLOGIE. — *Action protectrice de l'acide adénosine-5'-monophosphorique à l'égard de certains processus hémolytiques expérimentaux.* Note (*) de MM. **Dimitre Dantchev, Alfred Gajdos** et **Henri Bénard.**

L'acide adénosine-5'-monophosphorique exerce *in vivo* une action protectrice, aussi bien vis-à-vis de l'hémolyse phénylhydrazinique, que vis-à-vis de l'hémolyse saturnine. Cette action est probablement liée à la formation d'acide adénosine-triphosphorique (A. T. P.), à la faveur de l'énergie fournie par la glycolyse à l'intérieur des hématies. Elles est à rapprocher de l'action protectrice observée *in vitro* par Selwyn et Dacie ([6]) dans certaines anémies hémolytiques non sphérocytaires congénitales.

Depuis les travaux d'Ebaugh ([1]), de Weinstein ([2]) et leurs collaborateurs, le marquage par le chrome radioactif 51, introduit pour la mesure du volume sanguin par Gray et Sterling ([3]), constitue un procédé simple pour évaluer la durée de vie moyenne des hématies. Comme nous l'avons montré ([4]),

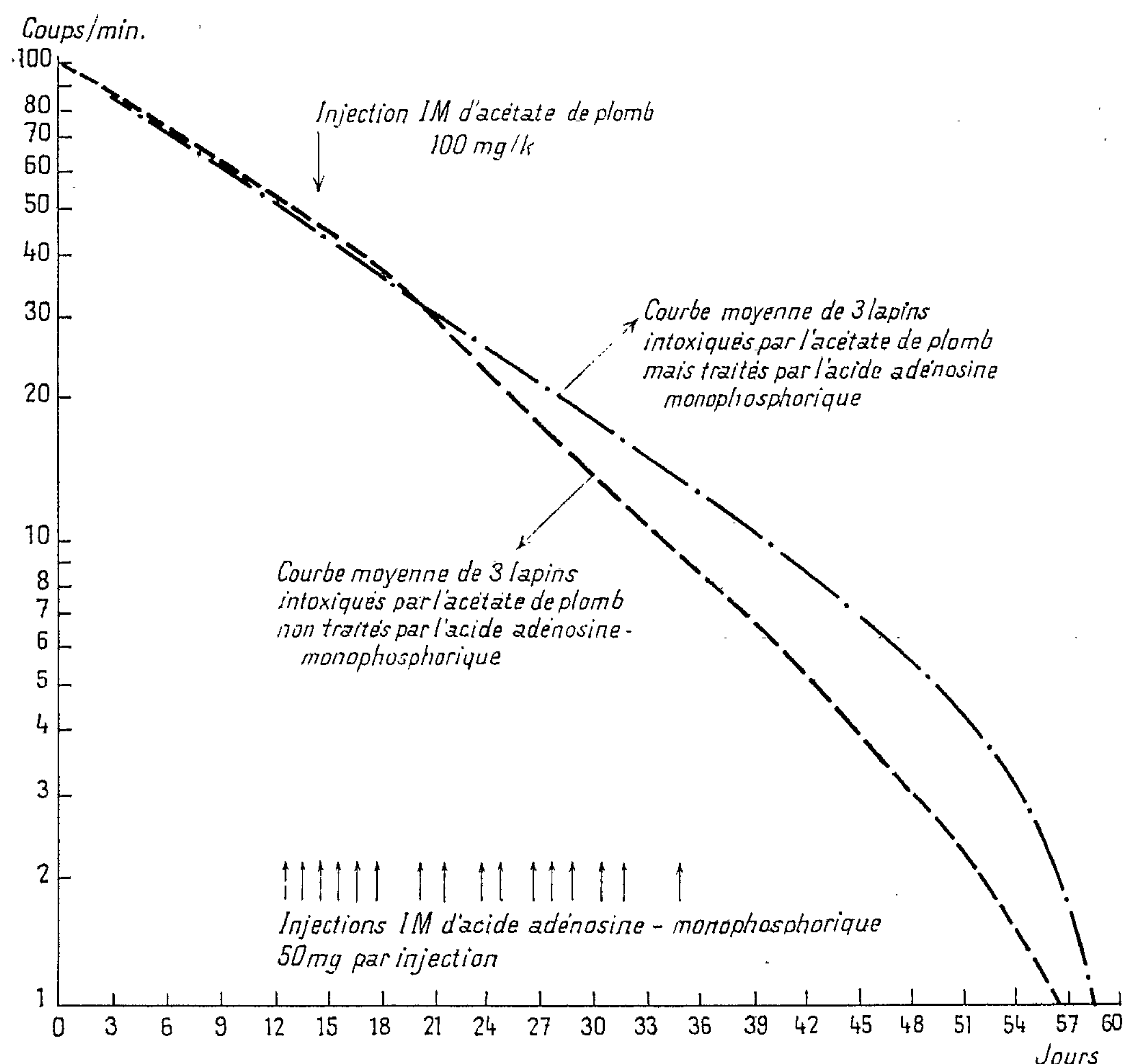


Fig. 1. — Intoxication saturnine légère, chez des lapins dont les globules rouges ont été préalablement marqués par ^{51}Cr *in vivo*.

Courbes de la radioactivité globale des hématies, après élimination de la décroissance propre de l'activité du ^{51}Cr. Représentation semi-logarithmique. Radioactivité conventionnellement fixée à 100 au départ.

....

l'allure de la courbe de radioactivité des hématies permet de déceler, non seulement des destructions globulaires intenses, mais également des hémolyses légères « infraanémiques », c'est-à-dire exactement compensées par un processus médullaire réparateur.

Nous avons tout d'abord appliqué cette méthode à l'étude de l'hémolyse saturnine expérimentale, et de l'action que pouvait exercer à l'égard de cette hémolyse l'acide adénosine-5'-monophosphorique (A. M. P.).

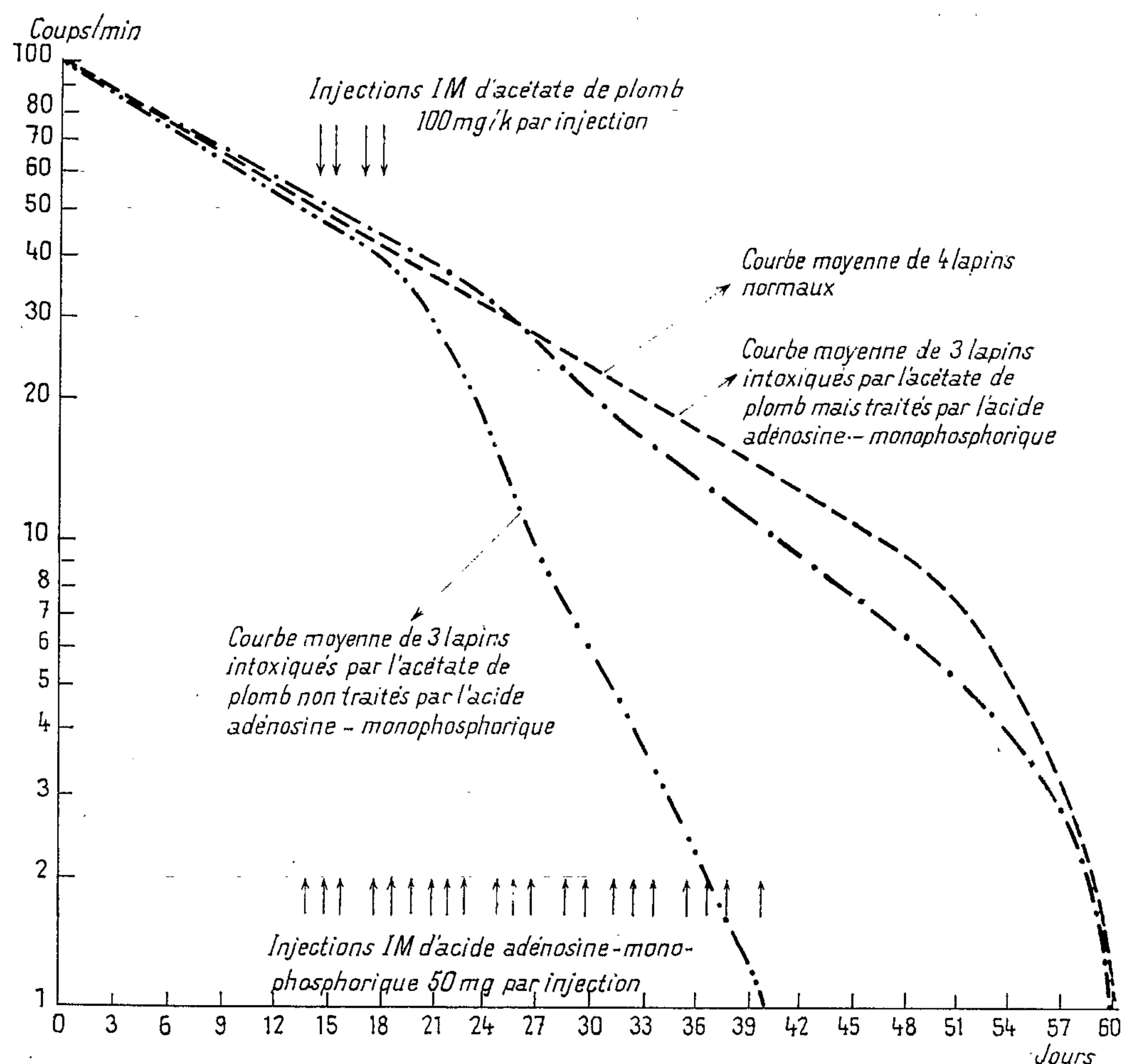


Fig. 2. — Intoxication saturnine plus intense que dans la figure 1.

Nos recherches ont été effectuées sur des lapins d'environ 3 kg.

Le marquage des hématies a été réalisé *in vivo*, suivant un procédé déjà utilisé par Rodnan et collaborateurs (³) sur le Pigeon, le Poulet et le Canard. Nous avons fait appel pour ce marquage à une injection intraveineuse unique de 2 ml d'une solution isotonique, présentant une radioactivité de 150 à 200 µC pour une teneur de 5 à 10 µg de chrome 51 sous forme de chromate neutre de sodium. Les mesures de radioactivité ont été faites au compteur à scintillation à cristal creux, à partir du lendemain, puis tous les 5 jours environ.

L'intoxication saturnine a été pratiquée 15 jours après le chromage, par injection intramusculaire de 100 mg d'acétate neutre de plomb par kilogramme, injection unique pour

les intoxications légères, injections répétées quotidiennement, durant quatre jours pour les intoxications plus intenses.

Sur la moitié de nos lapins ainsi soumis à l'action du plomb, nous avons procédé à l'administration d'A. M. P. sous forme d'injections intramusculaires de 50 mg. Les injections ont été commencées la veille ou l'avant-veille de l'intoxication saturnine et poursuivies régulièrement chaque jour pendant deux à trois semaines.

La figure 1, concernant les intoxications saturnines légères, reproduit en coordonnées semi-logarithmiques les courbes moyennes de la radioactivité globale des hématies obtenues sur trois lapins traités par l'A. M. P.,

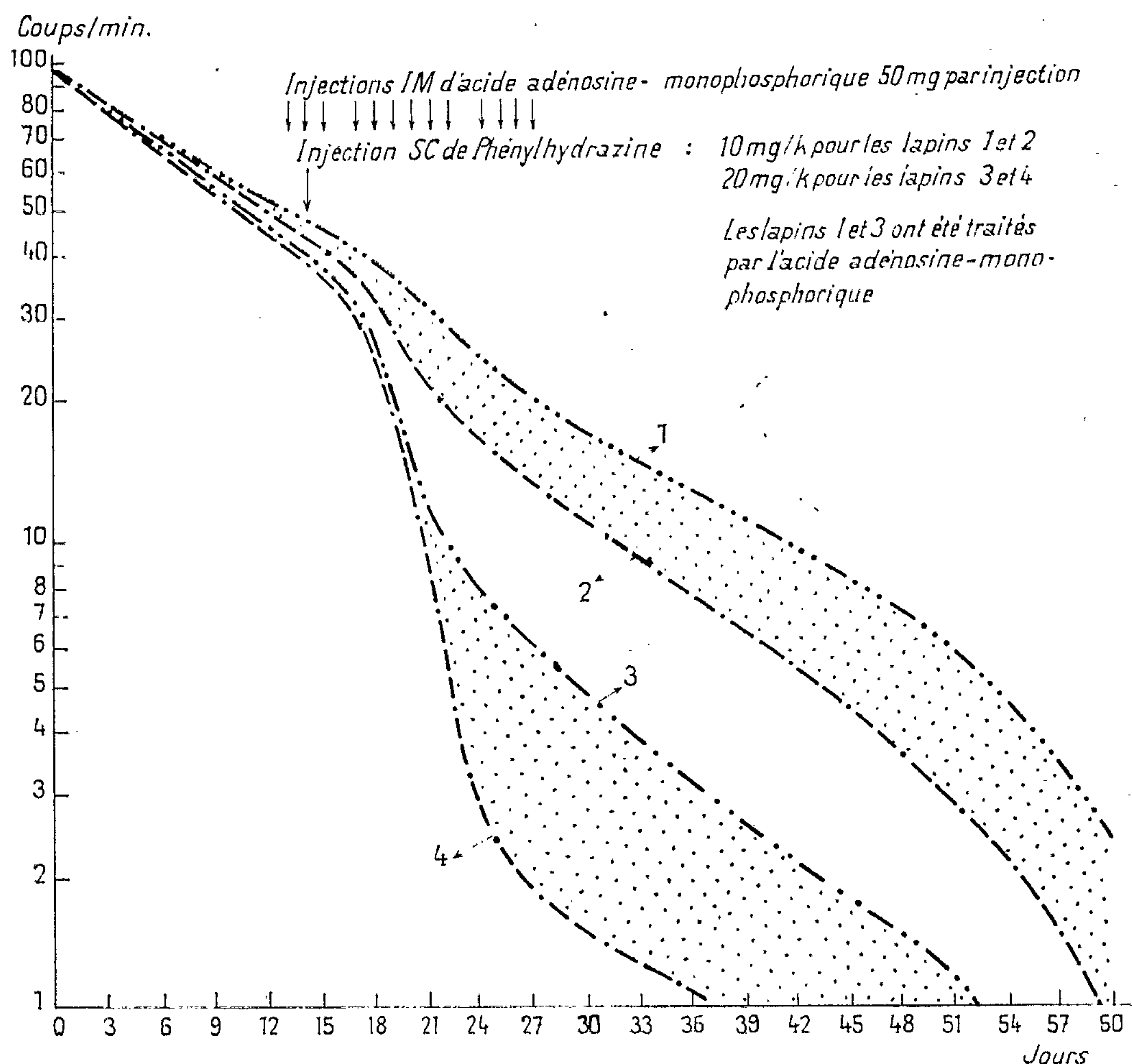


Fig. 3. — Intoxications légère et moyenne par la phénylhydrazine.

et sur trois autres non traités. La durée de la survie globulaire est la même dans les deux cas (60 et 57 jours), mais les lapins traités par l'A. M. P. présentent un tracé de radioactivité tout à fait normal avec une portion rectiligne d'une durée de six à sept semaines, tandis que les lapins non traités montrent une cassure nette de cette portion figurative. L'accentuation de la pente, qui marque cette cassure, est le témoin d'une augmentation temporaire du taux de destruction des hématies.

L'effet de l'administration de l'A. M. P. est plus démonstratif encore pour les intoxications saturnines plus intenses (*fig.* 2). Ici, les lapins traités par l'A. M. P. donnent une déformation en baïonnette de la courbe de radioactivité globulaire, mais la durée de vie des hématies reste normale et atteint 60 jours. Pour les lapins non traités, cette durée de vie des globules rouges est réduite à 40 jours.

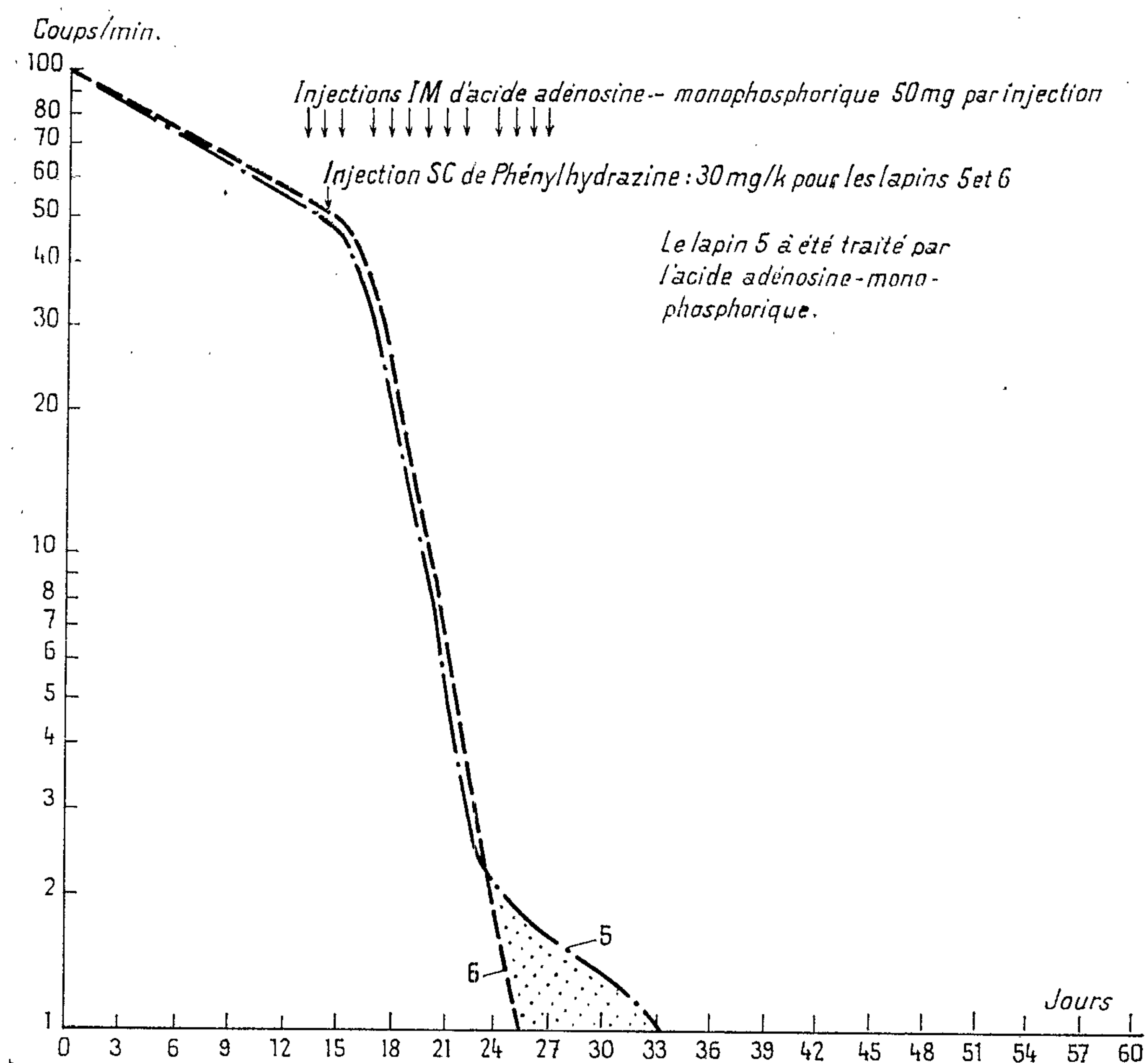


Fig. 4. — Intoxication forte par la phénylhydrazine.

On pouvait se demander si cette action protectrice de l'A. M. P. n'était pas spécifiquement dirigée contre le plomb, par une sorte d'effet chélateur.

Nos expériences nous ont montré qu'il s'agissait d'un phénomène plus général.

Comme l'indiquent les figures 3 et 4, le rôle protecteur de l'A. M. P. se retrouve en effet à l'égard de l'hémolyse phénylhydrazinique. Comme dans le cas de l'intoxication saturnine, l'A. M. P. redresse la courbe de radioactivité globulaire, et retarde la destruction des hématies.

Il est toutefois, dans nos expériences, une particularité appartenant à l'hémolyse phénylhydrazinique. C'est ainsi que pour des intoxications moyennes et fortes par la phénylhydrazine (20 et 30 mg/kg en injection sous-cutanée unique), l'action de l'A. M. P. paraît tout d'abord nulle : les tracés de la radioactivité globulaire restent pendant un certain temps superposés, et ce n'est que plus tard, que la courbe des animaux traités par l'A. M. P. se relève et se sépare de celle des animaux intoxiqués témoins. Ce retard est particulièrement net pour une intoxication phénylhydrazinique intense (30 mg/kg en injection sous-cutanée unique, fig. 4) : ici le relèvement ne s'opère que lorsque la radioactivité globulaire est tombée à 2% environ de sa valeur de départ. Tout se passe comme si l'A. M. P. ne protégeait que les hématies les plus résistantes à l'intoxication phénylhydrazinique, et restait sans effet sur les hématies les plus lésées.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) F. G. Ebaugh, C. P. Emerson et J. F. Ross, *J. Clin. Invest.*, 32, 1953, p. 1260.

(2) I. M. Weinstein et G. V. Le Roy, *J. Lab. Clin. Med.*, 42, 1953, p. 368.

(3) S. J. Gray et K. Sterling, *J. Clin. Invest.*, 29, 1950, p. 1604.

(4) H. Bénard, A. Gajdos et D. Dantchev, *Rev. franç. Études Clin. et Biol.*, 6, n° 10, 1961, p. 1060-1065.

(5) G. P. Rodnan, F. G. Ebaugh Jr. et M. R. Spirvey Fox, *Blood*, 12, 1957, p. 355.

(6) J. G. Selwyn et J. V. Dacie, *Blood*, 9, 1954, p. 414.

ÉCONOMIE RURALE. — *De l'épizootie aphteuse. Son éradication pratiquement réalisée en France grâce au système de l'abattage.* Note (*) de M. **Gaston Ramon.**

Bien que sans cesse recommandée, par nos soins, depuis 1952, l'application généralisée du système de l'abattage n'a été mise en œuvre, en France, qu'à partir de septembre 1961. Elle a abouti rapidement à la raréfaction progressive et à l'éradication de la fièvre aphteuse qui, en dix ans, avait provoqué plus de 450 000 foyers aphteux et coûté plus de 300 milliards de francs (anciens), de pertes. Dans la première quinzaine d'octobre dernier, aucun foyer de fièvre aphteuse n'a été enregistré alors qu'en août 1961 (avant le début de la généralisation de l'abattage), il était encore signalé plusieurs centaines de foyers et des milliers d'animaux atteints de la maladie ou présumés contaminés par le virus aphteux. Sous peine de voir réapparaître le fléau aphteux si désastreux pour l'économie française, le système de l'abattage doit être appliqué, le cas échéant, dans les plus brefs délais, rigoureusement, sans défaillance.

Après avoir évoqué la position que nous avions prise dès 1952, dans la lutte contre l'épizootie aphteuse, après avoir rappelé nos nombreuses interventions, notamment auprès de l'Académie des Sciences ([1]) en faveur du système de l'abattage, nous avons fait connaître, dans une Note du 28 mai 1962 ([2]), les premiers résultats de l'application progressivement généralisée de ce système en France, à dater de septembre 1961.

Certains essais effectués, à partir du début de l'année 1957, dans le département du Finistère, sur l'initiative du Docteur Pérus (Directeur des Services Vétérinaires de ce département) ayant démontré l'intérêt du système de l'abattage, différents Arrêtés ministériels, en date du 27 août 1960, du 1er juillet, du 23 août 1961, avaient étendu graduellement, encore que bien tardivement, l'application du système de l'abattage, enfin celui du 12 octobre 1961 l'avait généralisée.

Complétant les renseignements donnés dans notre Note du 28 mai dernier, nous avons réuni en un tableau, les statistiques établies par les Services Vétérinaires du Ministère de l'Agriculture et concernant l'évolution de l'épizootie aphteuse à partir du 15 septembre 1961.

D'après ce tableau, on a donc assisté, en France, depuis le 16 septembre 1961, date à laquelle a été commencée l'application progressivement généralisée du système de l'abattage, à une diminution rapide et de plus en plus importante du nombre des foyers aphteux. En effet, si dans la seconde quinzaine d'août 1961, il avait été notifié (malgré l'usage de la vaccination) 300 foyers nouveaux de fièvre aphteuse dans 28 départements, avec 6 780 animaux malades ou présumés contaminés par le virus aphteux, par contre on enregistrait, au mois d'août et au mois de septembre 1962, au total seulement 11 foyers nouveaux et 176 animaux

malades ou présumés contaminés tous immédiatement abattus, et dans la première quinzaine d'octobre aucun foyer de fièvre aphteuse n'était signalé, cela pour la première fois depuis de très nombreuses années.

Périodes.	Nombre de départements infectés.	Foyers nouveaux.	Nombre d'animaux atteints ou contaminés dans les foyers nouveaux.	Observations.
16 au 31 août 1961	28	300	6 780	—
1er au 15 septembre	25	288	5 732	—
16 au 30 septembre (abattage généralisé)	25	172	4 110	—
1er au 15 octobre	11	84	2 232	—
16 au 31 octobre	10	66	1 560	—
....				
16 au 31 mars 1962	8	11	697	—
1er au 15 avril	9	11	176	—
16 au 30 avril	2	3	227	—
1er au 15 mai	6	6	252	—
16 au 31 mai	5	7	288	—
1er au 15 juin	2	33	4 811	31 foyers dans les Bouches-du-Rhône
16 au 30 juin	1	34	3 957	34 foyers dans les Bouches-du-Rhône
1er au 15 juillet	1	4	411	4 foyers dans les Bouches-du-Rhône
16 au 31 juillet	1	2	442	2 foyers dans les Bouches-du-Rhône
1er au 15 août	3	3	65	Loire-Atlantique, Seine-et-Marne, Vendée
16 au 31 août	2	2	8	Puy-de-Dôme, Seine-et-Marne
1er au 15 septembre	3	3	34	Nièvre, Oise, Sarthe
16 au 30 septembre	3	3	69	Gironde, Haute-Loire, Seine-et-Marne
1er au 15 octobre	Néant	Néant	Néant	—

On doit noter toutefois que dans la première et dans la seconde quinzaine de juin 1962, il avait été déclaré respectivement 33 et 34 foyers nouveaux de fièvre aphteuse. D'après les données émanant de la direction des Services Vétérinaires du Ministère de l'Agriculture, ces foyers étaient tous constatés sauf deux, dans le département des Bouches-du-Rhône et presque uniquement dans les porcheries nombreuses dans ce département. L'abattage appliqué dans tous ces foyers, sur plusieurs milliers d'animaux atteints de fièvre aphteuse ou suspects de contamination par le virus aphteux, a eu promptement raison de ces foyers. On peut se demander ce

qui serait advenu, si le système de l'abattage n'avait pas été appliqué. A ce propos, on doit rappeler que la grande épizootie européenne de 1938 a eu, pour point de départ, des moutons atteints de fièvre aphteuse en provenance d'Afrique du Nord et débarqués à Marseille (pour la transhumance dans les Alpes); en l'absence des mesures sanitaires appropriées (interdiction de débarquement, abattage, etc.) l'épizootie se répandit très vite dans toute la France et gagna l'Europe entière.

Il est à remarquer que les quelques foyers qui ont été signalés en août et en septembre 1962, se sont déclarés dans des départements épars. Il n'y a pas eu apparemment de contagion interdépartementale. Il est très probable, sinon certain, que l'apparition de ces foyers isolés est due à des porteurs de virus « locaux ».

Nous avons étudié à différentes reprises et tout récemment ([3]) le rôle des porteurs de virus dans la genèse des épizooties de fièvre aphteuse, de peste bovine, de rage, etc. Nous avons montré par des faits irréfutables que les animaux atteints de fièvre aphteuse et apparemment guéris peuvent être et demeurer pendant un temps plus ou moins long, porteurs de virus, lesquels sont ainsi capables de faire éclore de nouveaux foyers aphteux et d'être à l'origine d'une reprise de l'épizootie.

Il est incontestablement prouvé et nous en apportons, dans cet exposé, la démonstration tangible que par l'abattage systématique des animaux malades ou présumés contaminés, soit lors de l'éclosion des premiers foyers de fièvre aphteuse, soit au déclin de l'épizootie, au fur et à mesure qu'apparaissent de nouveaux foyers, on supprime le virus et la possibilité de sa multiplication, on évite la formation des porteurs de virus, la réapparition de la fièvre aphteuse et de l'épizootie. Ainsi éclate, une fois de plus, la grande efficacité de l'abattage. C'est parce que les faits nous avaient convaincu de cette efficacité, du point de vue épizootique et du point de vue économique, que dès 1952 nous avions recommandé l'application du système de l'abattage bien que le procédé de vaccination antiaphteuse en usage repose sur les méthodes d'immunisation que nous avons créées : la méthode des anatoxines et des vaccins anavirulents et celle des substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité.

Tout en se félicitant des résultats présentement acquis, on doit regretter qu'on n'ait pas mis en œuvre plus tôt, par exemple en 1954 (année pendant laquelle on enregistrait chaque mois seulement quelques dizaines de foyers aphteux), le système de l'abattage que nous avions sans cesse préconisé, en France, dans de très nombreuses publications (Académie des Sciences, Académie de Médecine, etc.) ([4]).

Si, dès 1954, les Pouvoirs publics nous avaient suivi dans nos recommandations, on eût fait l'économie de nombreuses dizaines de milliards de francs (anciens) de pertes, on eût évité que les marchés étrangers demeurent fermés pendant une longue période de temps, à l'importation du bétail français.

A l'heure où l'Europe est menacée de l'invasion par un virus aphteux particulièrement virulent, d'origine africaine, et sévissant actuellement en Turquie, nous poussons, avec certaines Organisations internationales, un cri d'alarme. Nous soulignerons que seul le système de l'abattage peut permettre de lutter promptement et avec efficacité contre l'implantation et l'extension en Europe de ce virus. C'est de cette façon et uniquement de cette façon, sans l'usage de la vaccination, que le Canada (et indirectement les États-Unis), en 1952 et la Grande-Bretagne à de nombreuses reprises, au cours de ces dix dernières années, ont évité l'installation sur leur sol, de l'épizootie qui sévissait durement en Europe continentale. Tout dernièrement, R. Willems (Président de la Commission permanente de la fièvre aphteuse de l'Office international des Épizooties) insistait, de son côté « sur le fait que pour défendre l'Europe, le cas échéant, la première mesure à prendre en Europe consiste à appliquer le « stamping out » (abattage) intégral, dans toute sa rigueur et avec tout ce qu'il implique » ([5]).

On doit rappeler pour mémoire qu'en dépit de la vaccination, d'un emploi plus ou moins étendu, on a enregistré en France de 1951 à 1960 plus de 450 000 foyers de fièvre aphteuse avec des millions d'animaux atteints de la maladie ou contaminés par le virus aphteux. Les pertes se sont élevées à plus de 300 milliards de francs (anciens), du fait de la mortalité, des avortements, de l'amaigrissement des animaux, de la diminution de la production du lait, etc. A ces pertes, il faut ajouter celles dues aux entraves mises aux exportations de notre bétail. Pendant la même période, en Grande-Bretagne, par exemple, où le système de l'abattage est appliqué intégralement (à l'exclusion totale de la vaccination) il y avait eu, en tout, seulement 1000 foyers aphteux rapidement éteints par l'abattage et les frais occasionnés, y compris les indemnités versées aux propriétaires des animaux abattus, n'ont pas atteint 10 millions de livres sterling, soit moins de 15 milliards de francs (anciens).

Ainsi, en résumé et en conclusion, *l'application généralisée du système de l'abattage que nous avons sans cesse recommandée depuis* 1952 *et que les Pouvoirs publics ont mis en œuvre il y a un an à peine, a amené rapidement la raréfaction des foyers aphteux. Actuellement, l'éradication de l'épizootie aphteuse est pratiquement réalisée en France. En effet, alors qu'au mois d'août* 1961 *il était signalé plusieurs centaines de foyers de fièvre aphteuse contenant des milliers d'animaux atteints de la maladie ou présumés contaminés par le virus aphteux et, par conséquent, sources possibles de contagion, par contre au mois d'août et au mois de septembre* 1962, *il n'a été enregistré que quelques foyers aphteux et aucun dans la première quinzaine d'octobre.*

On doit exprimer l'espoir que, éventuellement, le système de l'abattage sera appliqué dans les délais les plus brefs, rigoureusement, sans défaillance,

sous peine de voir réapparaître le fléau aphteux si désastreux pour l'économie de notre pays ([6]).

(*) Séance du 5 novembre 1962.

([1]) G. RAMON, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 777, 1010 et 1100; 235, 1952, p. 333; 238, 1954, p. 975; 239, 1954, p. 699; 240, 1955, p. 1173; 241, 1955, p. 839; 242, 1956, p. 1937; 244, 1957, p. 275; 245, 1957, p. 913; 251, 1960, p. 1108; 252, 1961, p. 3525; 253, 1961, p. 762.

([2]) G. RAMON, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3792.

([3]) G. RAMON, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 40; *Rev. Path. gén.*, 676, 1956, p. 455; *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 45, 1956, p. 8 (en français) et p. 50 (en anglais); *Quarante années de Recherches et de Travaux*, 1 volume, Paris, 1957, p. 503; *Bull. Soc. Vétérinaire pratique*, juillet 1961.

([4]) *Voir* la liste complète de nos publications se rapportant à la lutte contre la fièvre aphteuse jusqu'au début de l'année 1957, in *Bull. Off. internat. des Épizooties*, 47, 1957, p. 156 et *Bull. Acad. Vétérinaire*, n° 5, mai 1962, p. 169.

([5]) R. WILLEMS, *Bull. Off. internat. des Épizooties*, n°s 5-6, mai-juin 1962, p. 1015.

([6]) Un article plus développé sera publié dans le périodique *La Presse Médicale*.

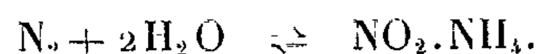
PHYSIQUE COSMIQUE. — *Aurores polaires et halos lunaires.*

Note (*) de M[lle] **Cicely M. Botley** et M. **Alexandre Dauvillier.**

Les auteurs montrent que les halos lunaires fréquemment associés aux aurores polaires, sont des halos de Bishop ionosphériques et que des aurores peuvent, par conséquent, apparaître devant des nébulosités.

1. Dans une Note précédente [1], l'un de nous a suggéré que le brouillard accompagnant l'aurore polaire était dû à un aérosol microcristallin produit dans l'ionosphère et que les halos lunaires associés étaient, non des halos troposphériques de réfraction de 22°, mais des halos de Bishop ionosphériques. Il en résultait que des aurores pouvaient réellement apparaître *devant* des voiles nuageux, conformément à de nombreuses observations, qui avaient toujours été mises en doute. Le but de cette Note est de rapporter des observations justifiant cette interprétation.

Rappelons que cet aérosol aurait été constitué de microcristaux de nitrite d'ammonium, produit selon la réaction de Thénard :



$$N_2 + 2H_2O \rightleftharpoons NO_2.NH_4.$$

On connaît la présence de NO et de OH dans l'ionosphère, au-dessus de 70 et 90 km, ainsi que celle de N, O et H à de plus hautes altitudes. Ils sont dus, dans les régions polaires, à l'activité aurorale et à l'aurore générale permanente aux plus basses latitudes. Nous avons ainsi attribué [2] l'albedo élevé de Vénus et sa coloration jaunâtre, à la forte activité aurorale visible sur son hémisphère obscur.

Rappelons que la molécule N_2^+ et la vapeur d'eau ont été reconnues dans l'ionosphère de cette planète. On peut ajouter que les taches brillantes visibles en ultraviolet, occupent précisément les régions polaires, tandis que les taches sombres sont équatoriales.

Des expériences faites avec un gros ballon en silice rempli de fumées de nitrite produites par la réaction



$$2NH_3 + O_3 = NO_2.NH_4 + H_2O$$

nous ont montré que la transmission d'une image ultraviolette en lumière de Wood ($\lambda = 3\,400$-$3\,800$ Å) vue sur un écran fluorescent, était meilleure que celle d'une image infrarouge ($\lambda = 9\,000$ Å), observée au convertisseur électronique d'image, conformément aux observations photographiques de la planète.

Les perturbations météorologiques associées aux grands orages auroraux apparaissent en général, dans les pays de haute latitude, avec un retard de deux jours. On ne comprenait pas comment les halos lunaires pouvaient accompagner les aurores s'ils étaient dus à la réfraction produite dans les cristaux de glace des cirri, qui culminent vers 7 km d'altitude. Le fait

que les rayons de ces halos peuvent varier, comme nous allons le voir, depuis 9° jusqu'à 30°, montre que ce sont bien des halos de diffraction de Bishop. Ceux-ci ont été reconnus en 1883 à Honolulu lors de l'éruption du Krakatoa, qui a projeté jusqu'à 70 km d'altitude, des fumées de dimension $d = 1,8\ \mu$ donnant un halo solaire brun rougeâtre de 23°.

La dimension linéaire des particules d est donnée par l'expression $d = 1,22\ \lambda/\sin \alpha$, en microns, λ étant la longueur d'onde et α le rayon angulaire du halo. En vision crépusculaire $\lambda = 0,5\ \mu$. Le halo de 9° correspond à $d = 3,9\ \mu$ et celui de 30° à $d = 1,2\ \mu$. Il est remarquable que la dimension des particules attribuées par B. Lyot, par l'étude de la polarisation, aux nuages de Vénus, était de 2 μ, valeur s'encadrant entre ces deux limites.

Nous allons maintenant décrire les observations de halos lunaires associés aux aurores, ainsi que les lueurs aurorales vues devant des voiles nuageux.

2. D'après Angot (3), Tycho-Brahé aurait déjà reconnu, de 1583 à 1596, une corrélation entre l'apparition des aurores et les halos lunaires. Sir J. Richardson (4), médecin de l'Expédition Franklin de 1820, a observé, à Fort Enterprise (Canada) le 18 décembre 1820 à deux reprises, un halo de 10° pendant des aurores. Le 13 février 1821, à minuit, il remarque durant une forte aurore, « que, la moitié méridionale du ciel étant voilée d'une légère couche nuageuse laissant apparaître quelques étoiles, il se produisait une auréole lumineuse de 15° autour de la Lune lorsque ce voile l'occultait ».

Lors de son voyage circumpolaire, von Wrangel (5) observa que « lorsque les rayons auroraux s'approchent de la pleine Lune, il apparaît momentanément, un cercle lumineux de 20 à 30° de rayon autour de celle-ci ».

Une statistique de Tromholt (6) faite entre 1857 et 1873, montre une corrélation étroite entre le nombre de halos lunaires et celui des aurores. J. Maurer (7) a signalé une corrélation statistique entre l'activité solaire et la fréquence des anneaux de Bishop.

Durant la grande aurore du 4 février 1874, un halo lunaire verdâtre fut observé à Uppsala, tandis que Weber à Peckloh (Allemagne), observait une couronne de 20°, large de 4°.

Durant la seconde Année polaire internationale 1932-1933, A. Dauvillier (8) observa, au Scoresby-Sund, 22 halos lunaires vers la fin de fortes aurores et nota l'apparition de la « fumée post-aurorale ». Il les considérait comme des halos cirreux de 22° suivant l'aurore mais, comme le montrent les observations précédentes, il s'agit bien, le plus souvent, de véritables halos de Bishop. Par suite de leur faible brillance, ceux-ci ne sont pas colorés.

Or ce phénomène peut se manifester à toute altitude. Selon Minneart (9), des cirri ont été vus devant des anneaux de Bishop. Lors du passage de la Terre au voisinage de la queue de la comète de Halley, le 19 mai 1910,

E. Marchand, au Pic du Midi, M. Wolf à Heidelberg, F. Linke au Feldsberg (Taunus), observèrent des halos solaires rougeâtres, de 28°. Les particules auraient eu un diamètre de 1,5 μ. Ces halos étaient produits dans l'*espace extra-terrestre* par les poussières abandonnées par la queue de la comète.

3. Nombre d'observateurs éprouvés d'aurores polaires ont affirmé avoir vu des aurores devant des voiles nuageux, mais ces observations n'avaient pas été retenues, les mesures parallactiques n'ayant jamais montré ce phénomène au-dessous de 54 km d'altitude, limite inférieure tout à fait exceptionnelle (C. Störmer).

Angot cite des observations de Sir John Franklin, de Bravais et de Liljehöök à Bossekop, de Hildebrandson, où des aurores auraient été perçues au-dessous de nuages. Lemström [10] rapporte aussi nombre d'observations de ce genre. Si ces nuages sont des voiles de fumée aurorale ionosphérique, elles peuvent être retenues.

4. La corrélation existant entre les nuages élevés et les aurores a été reconnue de longue date. Angot cite, depuis Probesius (1739), nombre d'observations de ce genre. Après les fortes aurores, on observe fréquemment, au matin, d'apparents « cirri » occupant le lieu de manifestations aurorales nocturnes. Nous en avons [11] signalé de nouveaux exemples. Nous pensons que, dans tous ces cas, il ne s'agissait pas de vrais cirri constitués de cristaux de glace, mais de nuages ionosphériques. Les véritables cirri, qui sont aussi, incontestablement, associés aux aurores, n'apparaîtraient qu'après un retard d'au moins deux jours.

Nous recommandons aux observateurs d'aurores, de mesurer dorénavant, le diamètre angulaire des halos lunaires associés, de noter les lueurs aurorales se projetant devant des voiles nuageux et d'estimer le retard apparent entre les aurores et les véritables cirri, caractérisés par le halo de réfraction de 22°. Il conviendrait aussi de mesurer l'altitude des nuages polaires diurnes.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 1730.

(2) A. Dauvillier, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1257.

(3) A. Angot, *Les aurores polaires*, 1 volume, 315 pages, Alcan, Paris, 1895.

(4) J. Richardson, *J. Artic Expeditions*, 2 volumes, London, 1851.

(5) F. von Wrangel, *Reise längs der Nordküste von Siberien in den Jahren* 1820-1824, 1844.

(6) S. Tromholt, *Z. Öster. Ges. Met.*, 7, 1872.

(7) J. Maurer, *Met. Z.*, 33, 1916; *Astr. Nach.*, n° 4875, 1917.

(8) A. Dauvillier, *J. Phys. Rad.*, 5, 1934, p. 398-412; *Les aurores polaires*, 1 volume, 142 pages, Hermann, Paris, 1954.

(9) M. Minnaert, *Light and Colour in the open air*, 1 volume, 282 pages, 1940.

(10) S. Lemström, *L'aurore boréale*, 1 volume, 199 pages, Gauthier-Villars, Paris, 1886.

(11) C. M. Botley, *J. Br. Astr. Ass.*, 69, 1959, p. 223.

(*Observatoire du Pic du Midi.*)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Sur la convergence relative d'une suite d'ensembles.* Note (*) de M. **Nicolas Oeconomidis**, présentée par M. Paul Montel.

1. Considérons une suite d'ensembles non vides $\{A_n\}$, qui sont sous-ensembles d'un espace $\mathcal{L}^*$ et le produit cartésien $G = \prod_{n=1}^{\infty} A_n$, c'est-à-dire l'ensemble des fonctions f, définies sur l'ensemble de nombres naturels Φ, de façon qu'on ait $f(n) \in A_n$ pour chaque $n \in \Phi$. On dit qu'un élément $f \in G$ est *convergent* si la suite $\{f(n)\}$ est convergente; dans ce cas on pose

$$\lim_{n=\infty} f(n) = \hat{f}, \qquad G^{\rightarrow}[A] = \{f : f \in G,\ f \text{ convergent}\} \quad \text{et} \quad \hat{G}[A_n] = \{\hat{f} : f \in G^{\rightarrow}[A_n]\}.$$

Définition (A). — *On dit que la suite* $\{A_n\}$ *converge vers* A, *relativement à* H, *et l'on écrit* $\underset{\rightarrow}{(H)} \lim_{n=\infty} A_n = A$, *si* : 1° $H \subset G^{\rightarrow}[A_n]$; 2° $\bigcup_{f \in H} f(\Phi) = \bigcup_{n=1}^{\infty} A_n$ *et* 3° $A = \{\hat{f} : f \in H\}$.

On voit facilement que $\underset{\longrightarrow}{(G^{\rightarrow}[A_n])} \lim_{n=\infty} A_n = \hat{G}[A_n]$; d'autre part, si les A_n sont sous-ensembles d'un espace métrique, on a ([1])

$$\hat{G}[A_n] = \underset{n=\infty}{\mathrm{Li}}\, A_n, \qquad \text{et par suite} \qquad \underset{\rightarrow}{(H)} \lim_{n=\infty} A_n \subset \underset{n=\infty}{\mathrm{Li}}\, A_n$$

pour chaque $H \subset G^{\rightarrow}[A_n]$.

La proposition suivante montre que la notion donnée par (A) est un invariant des transformations continues :

Théorème 1. — *Si* (i) $\underset{\rightarrow}{(H)} \lim_{n=\infty} A_n = A$, (ii) $A_n \subset X$ *pour chaque* $n \in \Phi$, *où* X *est un espace* $\mathcal{L}^*$, *et* (iii) φ *est une transformation continue de l'espace* X *en l'espace* Y, *qui est aussi un espace* $\mathcal{L}^*$, *alors*

$$\underset{\longrightarrow}{(\varphi(H))} \lim_{n=\infty} \varphi(A_n) = \varphi(A).$$

2. Dans ce paragraphe nous supposerons toujours que les A_n sont sous-ensembles d'un espace métrique X.

Définition (B). — *On dit que la suite* $\{A_n\}$ *converge pseudo-uniformément vers* A, *relativement à* H, *si* : (i) $\underset{\rightarrow}{(H)} \lim_{n=\infty} A_n = A$ *et* (ii) *s'il existe un nombre* $\varepsilon > 0$ *et un indice* N, *tels qu'on ait*

$$|f(N)\hat{f}| < \varepsilon \qquad \text{pour chaque } f \in H.$$

Si de plus, pour tout nombre $\varepsilon > 0$ *il existe un indice* $N(\varepsilon)$, *tel qu'on ait* $|f(n)\hat{f}| < \varepsilon$ *pour chaque* $f \in H$ *et pour tout* $n > N$, *on dit que la suite* $\{A_n\}$ *converge uniformément vers* A, *relativement à* H.

Les propositions suivantes sont de conditions nécessaires et suffisantes, afin que la limite relative A soit bornée; nous désignons, pour abréger, par X^{π} la famille de tous les sous-ensembles bornés de l'espace métrique X.

Théorème 1. — *Soit* $\binom{H}{\rightarrow}\lim_{n=\infty} A_n = A$, *où* $A_n \in X^{\pi}$ *pour chaque* $n \in \Phi$; *afin que* $A \in X^{\pi}$ *il faut et il suffit que la suite* $\{A_n\}$ *converge pseudo-uniformément vers* A, *relativement à* H.

Théorème 2. — *Soit* $\binom{H}{\rightarrow}\lim_{n=\infty} A_n = A$; *afin que* $A \in X^{\pi}$ *il faut et il suffit qu'il existe un nombre* $M > 0$, *tel que pour chaque couple d'éléments* f_1, $f_2 \in H$ *existe un indice* $N(f_1, f_2)$, *de façon qu'on ait*

$$|f_1(n) f_2(n)| \leqq M$$

pour chaque $n > N(f_1, f_2)$.

Théorème 3. — *Soit* $\binom{H}{\rightarrow}\lim_{n=\infty} A_n = A$; *afin que* $A \in X^{\pi}$ *il faut et il suffit qu'il existe un nombre* $M > 0$, *tel que pour chaque* $f \in H$ *existe un indice* $N(f)$, *de façon qu'on ait*

$$|x_0 f(n)| \leqq M$$

pour chaque $n > N(f)$, *où* x_0 *est un point fixe de* X.

Si $f \in G^{\rightarrow}[A_n]$ nous désignons par $N(f, h)$ le plus petit indice pour lequel on a $|f(n) \hat{f}| < h$, pour chaque $n \geqq N(f, h)$, où h est un nombre positif donné.

Théorème 4. — *Soit* $\binom{H}{\rightarrow}\lim_{n=\infty} A_n = A$; *afin que* $A \in X^{\pi}$ *il faut et il suffit qu'il existe un nombre* $M > 0$, *tel que pour chaque couple d'éléments* $f_1, f_2 \in H$ *existe au moins un couple d'indices* p, q, *où* $p \geqq N(f_1, h)$ *et* $q \geqq N(f_2, h)$ (*h étant un nombre positif quelconque, mais le même pour chaque* $f \in H$), *de façon qu'on ait*

$$|f_1(p) f_2(q)| \leqq M.$$

Théorème 5. — *Soit* $\binom{H}{\rightarrow}\lim_{n=\infty} A_n = A$; *afin que* $A \in X^{\pi}$ *il faut et il suffit qu'il existe un nombre* $M > 0$, *tel que pour chaque* $f \in H$ *existe au moins un indice* $p \geqq N(f, h)$ (*h étant un nombre positif quelconque, mais le même pour chaque* $f \in H$), *de façon qu'on ait*

$$|x_0 f(p)| \leqq M,$$

où x_0 *est un point fixe de* X.

3. Dans ce qui suit, nous supposerons toujours que le produit cartésien $G = \prod_{n=1}^{\infty} A_n$, où les A_n sont sous-ensembles d'un espace métrique X, est un ensemble métrique. On voit que l'ensemble

$$\{(f, \hat{f}) : f \in G^{\rightarrow}[A_n], \hat{f} \in \hat{G}[A_n], \lim_{n=\infty} f(n) = \hat{f}\}$$

définit sur $G^{\rightarrow}[A_n]$ une fonction $\Psi(f)$, telle qu'on ait

$$\Psi(f) = \hat{f} \text{ pour chaque } f \in G^{\rightarrow}[A_n] \quad \text{et} \quad \Psi(G^{\rightarrow}[A_n]) = \hat{G}[A_n];$$

si $\left(\underset{\rightarrow}{\mathrm{H}}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n = \mathrm{A}$, et si la fonction $\Psi(f)$ est biunivoque sur $\mathrm{H} \subset \mathrm{G}^{\rightarrow}[\mathrm{A}_n]$, on dit que la convergence relative considérée est *simple*.

On peut démontrer que :

THÉORÈME 1. — *Si* $\left(\underset{\rightarrow}{\mathrm{H}}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n = \mathrm{A}$, *il existe au moins une suite* $\{\mathrm{A}_n^*\}$, *telle que :* (i) $\mathrm{A}_n^* \subset \mathrm{A}_n$ *pour chaque* $n \in \Phi$, (ii) $\left(\underset{\longrightarrow}{\mathrm{H}^*}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n^* = \mathrm{A}$, *où* $\mathrm{H}^* \subset \mathrm{H}$ *et* (iii) *la convergence relative* (ii) *soit simple.*

DÉFINITION (C). — *On dit que la convergence relative* $\left(\underset{\rightarrow}{\mathrm{H}}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n = \mathrm{A}$ *est pseudo-continue au point* $f_0 \in \mathrm{H}$ *si, quel que soit le nombre* $\varepsilon > 0$, *il existe un nombre* $\eta(\varepsilon) > 0$, *tel que pour chaque* $f \in \mathrm{U}(f_0, \eta(\varepsilon)) \cap \mathrm{H}$ *existe un indice* $\mathrm{N}(f, \varepsilon)$, *de façon qu'on ait*

$$|f(n) f_0(n)| < \varepsilon$$

pour tout $n > \mathrm{N}(f, \varepsilon)$.

THÉORÈME 2. — *Soit* $\left(\underset{\rightarrow}{\mathrm{H}}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n = \mathrm{A}$; *afin que la fonction* $\Psi(f)$ *soit continue au point* $f_0 \in \mathrm{H}$ *il faut et il suffit que la convergence relative considérée soit pseudo-continue au point* $f_0 \in \mathrm{H}$.

4. Supposons maintenant que :

1° Les A_n sont sous-ensembles compacts de l'espace métrique X;

2° $\prod\limits_{n=1}^{\infty} \mathrm{A}_n$ devient métrique de façon qu'on ait

$$\left(\lim_{m=\infty} f_m = f\right) \equiv \prod_{n=1}^{\infty}\left(\lim_{m=\infty} f_m(n) = f(n)\right);$$

3° la convergence relative $\left(\underset{\longrightarrow}{\mathrm{G}^{\rightarrow}[\mathrm{A}_n]}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n = \hat{\mathrm{G}}[\mathrm{A}_n]$ est pseudo-continue à tout point $f \in \mathrm{G}^{\rightarrow}[\mathrm{A}_n]$.

D'après ces hypothèses, on peut démontrer les théorèmes suivants :

THÉORÈME 1. — *Les ensembles* $\mathrm{G}^{\rightarrow}[\mathrm{A}_n]$, $\hat{\mathrm{G}}[\mathrm{A}_n]$ *sont compacts.*

THÉORÈME 2. — *Soit* $\left(\underset{\rightarrow}{\mathrm{H}}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n = \mathrm{A}$; *afin que l'ensemble* A *soit compact il faut et il suffit que l'ensemble* H *soit compact.*

THÉORÈME 3. — *Si* $\left(\underset{\rightarrow}{\mathrm{H}}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n = \mathrm{A}$ *et s'il existe un ensemble compact* H^*, *où* $\mathrm{H} \subset \mathrm{H}^* \subset \mathrm{G}^{\rightarrow}[\mathrm{A}_n]$, *tel que*

(i) $\left(\underset{\longrightarrow}{\mathrm{H}^*}\right)\lim\limits_{n=\infty} \mathrm{A}_n = \mathrm{A}^*$,

(ii) *la convergence relative* (i) *soit simple, alors :*

a. Afin que l'ensemble A *soit fermé, il faut et il suffit que l'ensemble* H *soit fermé;*

b. Afin que l'ensemble A *soit ouvert relativement à* $\hat{\mathrm{G}}[\mathrm{A}_n]$, *il faut et il suffit que l'ensemble* H *soit ouvert relativement à* $\mathrm{G}^{\rightarrow}[\mathrm{A}_n]$.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) Pour les notations *voir* : C. KURATOWSKI, *Topologie*, I, Warszava, 1952, p. 83, 86 et 241.

THÉORIE DES GROUPES. — *Existence d'un demi-groupe régulier maximal homomorphe à un demi-groupe possédant un idéal à droite minimal et un idéal à gauche minimal.* Note (*) de M. **Guy Maury**, présentée par M. Gaston Julia.

1. Nous appellerons demi-groupe *régulier* un demi-groupe D vérifiant la condition $\forall a, b, \in \mathrm{D}, \exists m, n, m', n', \in \mathrm{D}$ tels que $am = bn$ et $m'a = n'b$.

Un *homogroupe* [1] est régulier car si z est l'élément unitif, az et bz appartiennent au nodule N et l'on a par exemple $az = bzq$ avec $q \in \mathrm{N}$.

2. *Existence d'un demi-groupe régulier maximal* $\overline{\mathrm{D}}$ *homomorphe à* D, D *étant un demi-groupe possédant un idéal à droite minimal et à gauche minimal.*

a. Lemme. — *Si* $\overline{\mathrm{D}}$ *est régulier homomorphe à* D *demi-groupe possédant un idéal à droite minimal et à gauche minimal, alors* $\overline{\mathrm{D}}$ *est un homogroupe.* D *est supposé sans zéro.*

Soit $\mathcal{J}$ l'idéal bilatère minimal de D [(2), th. 7 et 9]. L'image $\overline{\mathcal{J}}$ de $\mathcal{J}$ est l'idéal bilatère minimal de $\overline{\mathrm{D}}$. Par hypothèse tout idéal à droite, respectivement à gauche, $\overline{\mathcal{J}}'$ de $\overline{\mathrm{D}}$ est un complexe net à droite (respectivement à gauche) [3]. Donc $\overline{\mathcal{J}}'$ contient un complexe net à droite minimal K (respectivement à gauche minimal) et par suite contient $\mathrm{K}\overline{\mathrm{D}} = \overline{\mathcal{J}}$ [(2), th. 4 et 5]. Ainsi le seul idéal à droite minimal (respectivement à gauche minimal) de $\overline{\mathrm{D}}$ est $\overline{\mathcal{J}}$: $\overline{\mathrm{D}}$ est un homogroupe. $\overline{\mathcal{J}}$ est un groupe.

b. Soit $\bar{e}$ l'élément unité du groupe $\overline{\mathcal{J}}$ et soit S l'image inverse de $\bar{e}$: S est un sous-demi-groupe de D. Soient $\mathcal{R}$ l'équivalence d'homomorphisme et $\mathcal{R}_{\mathcal{J}}$ sa restriction à $\mathcal{J}$:

$$a, b \in \mathcal{J}\; a \mathcal{R}_{\mathcal{J}} b \;\leftrightarrow\; a \mathcal{R} b \;\leftrightarrow\; \bar{a} = \bar{b}.$$

$\mathcal{J}/\mathrm{R}_{\mathcal{J}}$ est isomorphe à $\overline{\mathcal{J}}$: l'ensemble des éléments $a \in \mathcal{J}$ dont la classe est $\bar{e}$ est $\mathrm{S} \cap \mathcal{J}$: Donc $\mathrm{S} \cap \mathcal{J}$ est un sous-demi-groupe normal et unitaire de $\mathcal{J}$ [4]. $\mathcal{J}$ est un demi-groupe complètement simple [(2), th. 10]. Il existe un sous-demi-groupe normal et unitaire N de $\mathcal{J}$ minimal et $\mathrm{S} \cap \mathcal{J} \supseteq \mathrm{N}$ [5].

Enfin, S est une classe de l'équivalence régulière $\mathcal{R}$ et, par suite [6],

$$x \mathrm{S} y \in \mathrm{D},\; x \mathrm{S} y \between \mathrm{S} \rightarrow x \mathrm{S} y \subseteq \mathrm{S}.$$

En résumé, nous avons trouvé pour S les conditions suivantes :

(α) S est un sous-demi-groupe de D; (β) $\mathrm{S} \cap \mathcal{J} \supseteq \mathrm{N}$; ($\gamma$) $\{a, b \in \mathcal{J}, abc \in \mathrm{S} \cap \mathcal{J}, ac \in \mathrm{S} \cap \mathcal{J}\}$ entraîne $b \in \mathrm{S} \cap \mathcal{J}$; ($\delta$) $\{x, y \in \mathrm{D}, x \mathrm{S} y \between \mathrm{S}\}$ entraîne $x \mathrm{S} y \subseteq \mathrm{S}$.

Réciproquement, supposons qu'il existe un complexe S possédant les propriétés (α), (β), (γ), (δ), il existe alors une équivalence régulière $\mathcal{R}$ ayant S pour classe à cause de (δ), induisant une équivalence $\mathcal{R}_{\mathcal{J}}$ dont

une classe est $S \cap \mathcal{J}$; mais $S \cap \mathcal{J}$, d'après (α), (β), (γ), est un sous-demi-groupe normal et unitaire de $\mathcal{J}$ et $\mathcal{J}/\mathcal{R}_{\mathcal{J}}$ est un groupe ([4]). Par suite, $\overline{D} = D/\mathcal{R}$ est un homogroupe.

Mais il existe une équivalence régulière $\mathcal{E}_S$ minimale ayant S pour classe ([6]) :

D'autre part, l'intersection $\mathcal{S}$ de tous les complexes S (il y a D) vérifiant (α), (β), (γ), (δ) n'est pas vide et satisfait encore à ces conditions : $\mathcal{E}_{\mathcal{S}}$ est alors l'équivalence régulière la plus fine telle que $D/\mathcal{E}_{\mathcal{S}}$ soit un demi-groupe régulier : $D/\mathcal{E}_{\mathcal{S}}$ est le demi-groupe régulier maximal homomorphe à D.

3. *Existence d'un groupe maximal homomorphe à* D [*voir* aussi ([7])]. — Si $\overline{D}$ est un groupe homomorphe à D, $\overline{D} = \overline{\mathcal{J}}$, S est un sous-demi-groupe normal et unitaire de D et l'équivalence régulière $\mathcal{R}_S = {}_S\mathcal{R}$ est l'équivalence d'homomorphisme [avec les notations de ([4])]. S vérifie, outre (α) et (β), la condition :

$$(\gamma') \qquad \{a,\ b,\ c \in D,\ abc \in S,\ ac \in S\} \rightarrow b \in S.$$

Réciproquement, (β) entraîne que S est un complexe net dans D et (α), (β), (γ') que S est un sous-demi-groupe normal et unitaire de D. L'intersection $\mathcal{S}$ de tous les complexes S satisfaisant à (α), (β), (γ') (il y a D) n'est pas vide et vérifie (α), (β), (γ').

Soit $\mathcal{R}_{\mathcal{S}} = {}_{\mathcal{S}}\mathcal{R} = \mathcal{R}$, alors $D/\mathcal{R}$ est le plus grand groupe homomorphe à D.

4. Stoll ([5]) a décrit un demi-groupe complètement simple quelconque. Je voudrais compléter son Mémoire en remarquant que, en utilisant ses notations, tous les sous-demi-groupes $N' = \bigcup_{\alpha,\beta,p'} (p',\ \alpha,\ \beta)$, $p' \in P'$, $\alpha \in A$, $\beta \in B$, P′ sous-groupe distingué de G contenant les $p_{\alpha\beta}$, forment l'ensemble de tous les sous-demi-groupes normaux et unitaires du demi-groupe complètement simple.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) G. THIERRIN, *Bull. Soc. math. Fr.*, 83, 1955, p. 103-159.

(2) P. LEFEBVRE, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 393.

(3) P. DUBREIL, *Colloque d'Algèbre Supérieure*, Bruxelles, 1956.

(4) P. DUBREIL, *Algèbre*, I, 2e éd., Gauthier-Villars, Paris.

(5) R. STOLL, *Amer. J. Math.*, 73, 1951, p. 475-481.

(6) M. TESSIER, *Comptes rendus*, 232, 1951, p. 1987.

(7) P. LEFEBVRE, *Comptes rendus*, 248, p. 2277.

ANALYSE HARMONIQUE. — *Fonctions opérant sur les fonctions définies-positives.* Note (*) de M. **Carl S. Herz** (1), présentée par M. Arnaud Denjoy.

On se propose de déterminer les fonctions f définies sur le disque-unité à valeurs complexes telles que $f(\varphi)$ soit définie-positive chaque fois que φ est une fonction définie-positive sur un groupe commutatif localement compact prenant ses valeurs dans le disque.

G désigne toujours un groupe commutatif localement compact; P (G) désigne l'ensemble de toutes les fonctions définies-positives continues sur G. On note $\mathrm{H} = \{z : |z| \leqq 1\}$ le disque-unité du plan complexe et $\Gamma = \{z : |z| = 1\}$ le cercle considéré comme groupe multiplicatif discret. Nous définirons quelques ensembles; chacun se compose de toutes les fonctions f, à valeurs complexes, définies sur H, possédant la propriété indiquée :

$\mathbf{M}_c$: f est représentée par une série convergente pour $|z| \leqq 1$:

$$f(z) = \sum_{m,n \geqq 0} a_{m,n} z^m \bar{z}^n \qquad \text{où chaque} \quad a_{m,n} \geqq 0;$$

$\mathbf{S}$: $f(z) = 0$ pour $|z| < 1$ et la restriction de f à Γ appartient à P (Γ);

$\mathbf{M}$: $f = g + h$ où $g \in \mathbf{M}_c$ et $h \in \mathbf{S}$;

$\mathbf{F}$ (G) : les hypothèses $\varphi \in \mathrm{P}(\mathrm{G})$ et $|\varphi| \leqq 1$ partout entraînent $f(\varphi) \in \mathrm{P}(\mathrm{G})$;

$\mathbf{F}_c$ (G) : $f \in \mathrm{F}(\mathrm{G})$ et f est une fonction continue sur H.

Soit F l'intersection des ensembles F (G) où G parcourt tous les groupes discrets.

Théorème 1 : $\mathbf{F} = \mathbf{M}$.

Munissons C^{H} de la topologie de convergence simple des fonctions. On voit que $\mathbf{M}$ est l'adhérence de $\mathbf{M}_c$ et que $\mathbf{F}$ est un sous-ensemble fermé dans C^{H}. Évidemment, $\mathbf{M}_c \subset \mathbf{F}(\mathrm{G})$ quel que soit G; donc on a $\mathbf{M} \subset \mathbf{F}$. D'autre part, $\mathbf{F}$ étant un cône convexe saillant à base compacte, pour établir l'inclusion $\mathbf{F} \subset \mathbf{M}$ il suffit de démontrer que $\mathbf{E} \subset \mathbf{M}$ où $\mathbf{E}$ se compose de toutes les fonctions extrémales $f \in \mathbf{F}$ telles que $f(1) = 1$. Nous partageons $\mathbf{E}$ en deux ensembles complémentaires, $\mathbf{E}_c$ et $\mathbf{E}_s$, où $f \in \mathbf{E}_s$ s'il existe r, $0 < r < 1$, tel que $f(r) = 0$.

Pour $f, g \in \mathrm{F}$ [resp. $\varphi, \psi \in \mathrm{P}(\mathrm{G})$] écrivons $f \succ g$ (resp. $\varphi \succ \psi$) si $f - g \in \mathbf{F}$ [resp. $\varphi - \psi \in \mathrm{P}(\mathrm{G})$]. Par le raisonnement d'une Note antérieure (2) nous voyons que si $\varphi, \psi \in \mathrm{P}(\mathrm{G})$, $\varphi \succ \psi$, $|\varphi| \leqq 1$, et G est discret, alors $f(\varphi) \succ f(\psi)$ pour chaque $f \in \mathbf{F}$. Ceci entraîne $f \succ f_r$ pour $0 \leqq r \leqq 1$ où f_r désigne la fonction définie sur H par $f_r(z) = f(rz)$. Or, il s'ensuit que $f(rz) = f(r) f(z)$ pour chaque $f \in \mathbf{E}$ où $0 \leqq r \leqq 1$, $z \in \mathrm{H}$. Donc, si $f \in \mathbf{E}_s$, $f(z) = 0$ pour $|z| < 1$. Prenons maintenant χ le caractère de Γ défini par $\chi(\zeta) = \zeta$ pour $\zeta \in \Gamma$. Puisque $f \in \mathbf{F}(\Gamma)$, $f(\chi) \in \mathrm{P}(\Gamma)$; donc $\mathbf{E}_s \subset \mathbf{S}$.

Nous allons ébaucher la démonstration du fait que $f \in \mathbf{E}_c$ implique $f(z) = z^m \bar{z}^n$ où m et n sont des entiers non négatifs. Z désigne le groupe additif des entiers. On prouve :

LEMME 1. — *$f \in \mathbf{F}$ (Z) entraîne que f est continue en chaque point intérieur du disque* Π.

Or, tout élément de $\mathbf{E}_c$ est une fonction continue sur Π. Voici maintenant l'idée principale. Pour chaque G, un élément $\varphi \in P(G)$ possède une *valeur moyenne* $V(\varphi)$. De la représentation d'une fonction définie-positive par la transformée de Fourier d'une mesure, on déduit aisément :

LEMME 2. — *Supposons $\theta \in P(G \otimes H)$. Définissons les fonctions φ, ψ sur G par $\varphi(x) = \theta(x, o)$ et $\psi(x) = V_y\{\theta(x, y)\}$. Alors φ, $\psi \in P(G)$ et $\varphi \succ \psi$.*

T désigne le groupe additif des réels mod 2π. Donnons-nous $f \in \mathbf{E}_c$ et $k \in Z$. Posons $\hat{f}_k(z) = V_y\{f(z e^{iy}) e^{-iky}\}$, $y \in T$. Supposons $\varphi \in P(G)$. La fonction θ définie par $\theta(x, y) = f(\varphi(x) e^{iy}) e^{-iky}$ appartient à $P(G \otimes T)$ parce que f, étant continue, appartient à $\mathbf{F}(G \otimes T)$. Donc nous pouvons appliquer le lemme 2 à θ. Il s'ensuit que $\hat{f}_k(\varphi) \in P(G)$ et $f(\varphi) \succ \hat{f}_k(\varphi)$. Nous en déduisons que $\hat{f}_k \in \mathbf{F}$ et $f \succ \hat{f}_k$. Puisque f est extrémal, il existe un entier k tel que $f(r e^{iy}) = r^j e^{iky}$ où $j \geqq o$.

On achève la démonstration du théorème 1 en prouvant que j est un entier, $j \geqq |k|$, et $j - k$ est pair. Pour tirer des corollaires du théorème 1 on commence avec l'observation $\mathbf{F} = \mathbf{F}(\Gamma)$. Puis on prouve :

LEMME 3. — *Soit G_d le groupe G muni de la topologie discrète. On a* $\mathbf{F}_c(G) = \mathbf{F}_c(G_d)$.

Alors, T_d est isomorphe à Γ. On en déduit que $\mathbf{F}(T) = \mathbf{M}_c$.

Enfin nous parvenons à un énoncé assez général.

THÉORÈME 2. — *Supposons que G contient un élément d'ordre infini. Si G est discret, $\mathbf{F}(G) = \mathbf{M}$, sinon $\mathbf{F}(G) = \mathbf{M}_c$.*

On déduit immédiatement du théorème 1 :

THÉORÈME 3. — *Pour que $(f(z_{ij}))$ soit une matrice hermitienne semi-définie positive chaque fois que (z_{ij}) en est, où chaque $z_{ij} \in \Pi$, $i, j = 1, \ldots, n$ (n quelconque), il faut et il suffit que $f \in \mathbf{M}$.*

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) Boursier de la fondation Alfred P. Sloan.

(2) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2046.

MÉCANIQUE DES ROCHES. — *Variations de la vitesse du son dans les roches soumises à des contraintes élevées.* Note (*) de M. **Pierre Habib**, présentée par M. Albert Caquot.

Lorsqu'une roche a été soumise à des contraintes élevées, les vitesses des ondes longitudinale et transversale sont modifiées; dans la plupart des cas elles diminuent et le phénomène semble lié à une désorganisation de la structure de la roche.

La célérité des ondes longitudinale et transversale a été mesurée sur des éprouvettes de roche ayant subi l'action de pressions élevées dans un appareil triaxial (pression axiale $N_1 \geq N_2 = N_3$ pression latérale), puis ramenées à la pression atmosphérique.

1. *Éprouvettes ayant subi une déformation plastique.* — On constate une baisse importante des deux célérités, quelle que soit la direction des ondes. La diminution dépend des conditions opératoires et de la nature de la roche; la célérité mesurée est dans certains cas moitié de la valeur initiale. Cette variation ne peut pas s'expliquer par les modifications des coefficients d'élasticité ou de la densité. En effet, le module de Young reste sensiblement invariable, la densité augmente mais peu, enfin le coefficient de Poisson augmente, mais cet effet tendrait à augmenter la célérité.

2. Dans le cas du gypse de Triel (gypse à structure grenue) on a analysé les phénomènes d'une manière plus complète. On a d'abord étudié l'effet d'une pression hydrostatique P. Quoique la déformation soit presque complètement réversible, on a mesuré des diminutions très importantes des deux célérités à partir d'une certaine pression. Par exemple, la célérité de l'onde longitudinale étant de 3 600 m/s pour la roche vierge on a mesuré des vitesses de 3 600, 1 800 et 1 200 m/s pour des éprouvettes préalablement soumises à des pressions hydrostatiques de 250, 500 et 1 000 bars respectivement. Si ensuite on fait subir à l'éprouvette une déformation plastique en prenant $N_2 = N_3 = P$ et $N_1 > P$ on constate que la célérité de l'onde longitudinale tend vers une valeur de 1 800 m/s, quel que soit P, c'est-à-dire qu'elle augmente si $P > 500$ bars et diminue si $P < 500$ bars.

3. Enfin on a étudié les variations de la célérité *dans des éprouvettes chargées* en compression simple au cours de cycles de chargement et déchargement atteignant jusqu'à 3/4 de la résistance à la compression simple. Après déchargement on a retrouvé une légère baisse de la célérité.

Les résultats précédents semblent indiquer que l'application de pressions élevées produit pour des corps plus ou moins poreux, des changements de structure que les essais statiques ne révèlent pas, mais auxquels la propagation des ondes est très sensible.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(*Laboratoire de Mécanique des Solides de l'École Polytechnique.*)

AUTOMATIQUE. — *Optimisation d'une fonction de deux variables.* Note (*) de M. **André Stempien**, transmise par M. Charles Camichel.

L'auteur présente l'analyse et les résultats obtenus sur calculatrice analogique du dispositif d'optimisation qu'il avait proposé.

Dans une Note précédente (¹) nous avons présenté un optimisateur d'une fonction de deux variables maintenant le système au voisinage du minimum. Cet optimisateur fut étudié sur une calculatrice analogique pour un système satisfaisant l'équation

$$Y = b_1(X_1 - X_{1,m})^2 + b_2(X_2 - X_{2,m})^2$$

selon le schéma donné sur la figure 1.

Pour une variable ($b_2 = 0$) et si le minimum $X_{1,m}$ se déplace d'une façon linéaire selon l'équation

$$X_{1,m} = At + X_{1,m,0},$$

on démontre que l'erreur maximale est

$$\varepsilon = (A - \zeta_1 a)\frac{T_\nu}{2},$$

où A est la vitesse de déplacement du minimum, T_ν la période de l'optimisateur, $a = dX_1/dt$ la vitesse de recherche $|a| > |A|$, avec

$$\zeta_1 = \text{sign} \cos\omega_\nu t, \qquad \zeta_2 = \text{sign} \sin\omega_\nu t, \qquad \omega_\nu = \frac{2\pi}{T_\nu}.$$

Si le système a en plus un retard du premier degré c'est-à-dire que l'équation du système est

$$Y = b_1(X_1 - X_{1,0})^2\frac{1}{pT + 1},$$

on démontre que pour que le système puisse suivre le déplacement du minimum il faut que soit satisfaite l'inégalité suivante :

$$T < \frac{T_\nu}{2 \operatorname{Log} \dfrac{a - A}{2a}}$$

et que l'erreur maximale est alors

$$\varepsilon = \left[(A - \zeta_1 a)\frac{T_\nu}{2}\right] - \zeta_1 a T.$$

Sur la figure 2 est illustré le travail du système optimisé pour $X_{1,m} = At + A_0$ et pour $T = 1/4\, T_\nu$.

Pour deux variables ($b_1 = b_2 = |b|$) la condition à remplir pour que le système puisse suivre le déplacement du minimum est

$$T < \frac{T_\nu}{4\,\mathrm{Log}\,\dfrac{a-A}{2a}}$$

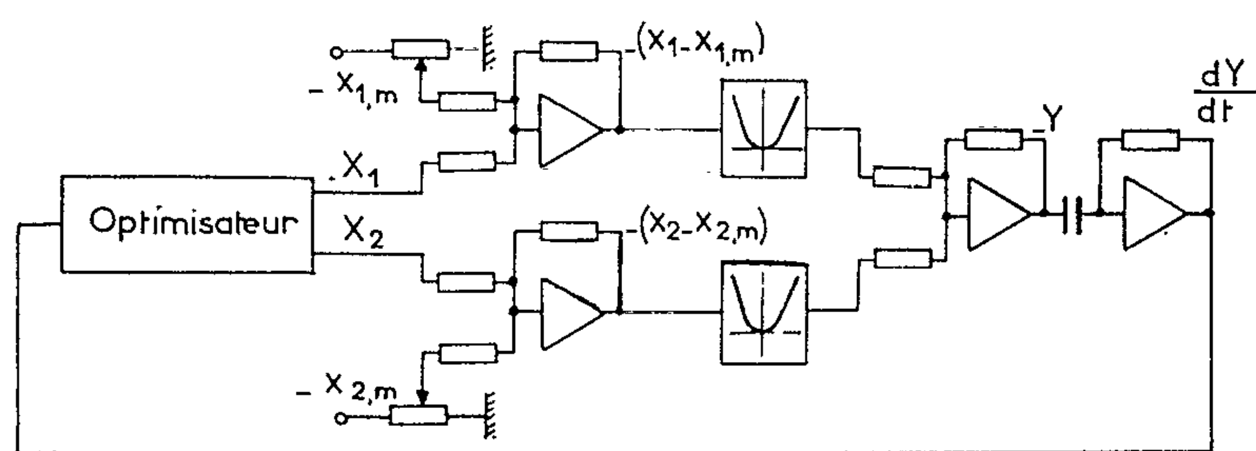


Fig. 1.

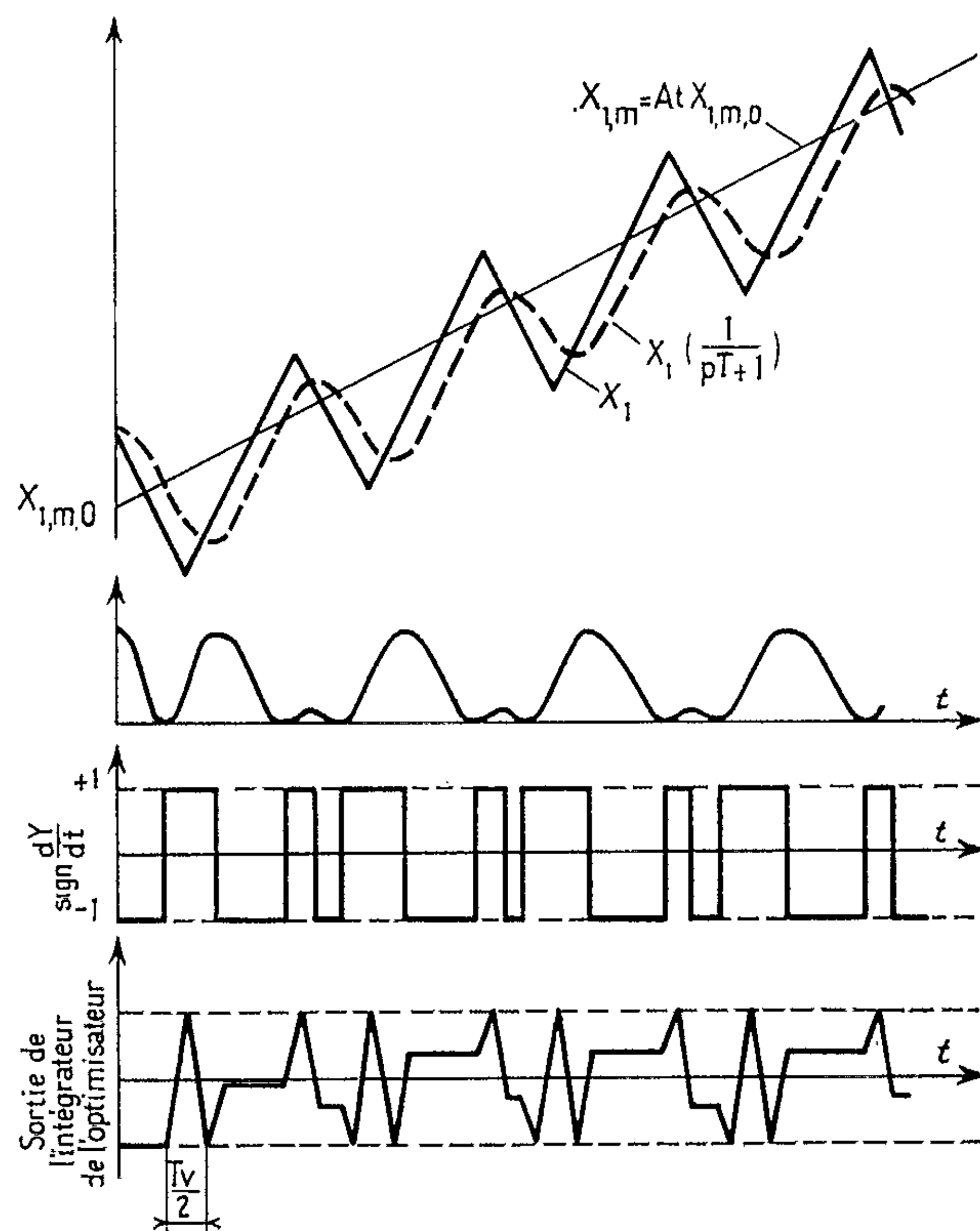


Fig. 2.

et l'erreur maximale est

$$\varepsilon_{\max} = \sqrt{\varepsilon_{1\max}^2 + \varepsilon_{2\max}^2},$$

où

$$\varepsilon_{1\max} = (A_1 - \varepsilon_1 a)\left(\frac{T_\nu}{2} + \zeta_2 T \frac{a}{\zeta_1 a - A_1}\right), \qquad \varepsilon_{2\max} = (A_2 - \zeta_2 a)\left(\frac{T_\nu}{2} + \zeta_2 T \frac{a}{\zeta_2 a - A_2}\right).$$

Sur la figure 3 est donné l'enregistrement de la variable X_1 et sur la figure 4 celui des variables X_1 et X_2 dans des cas particuliers précisés en légende.

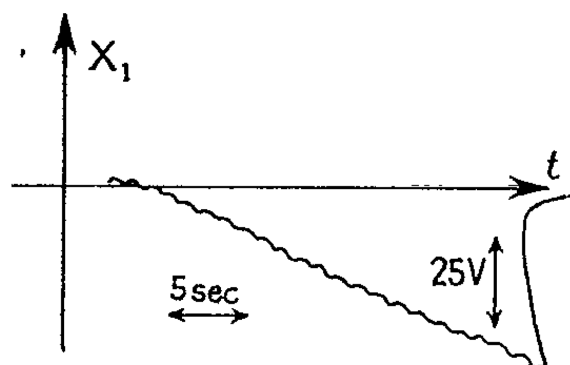


Fig. 3.
$A = 1{,}5$ V/s,
$a = 10$ V/s,
$b_2 = 0$.

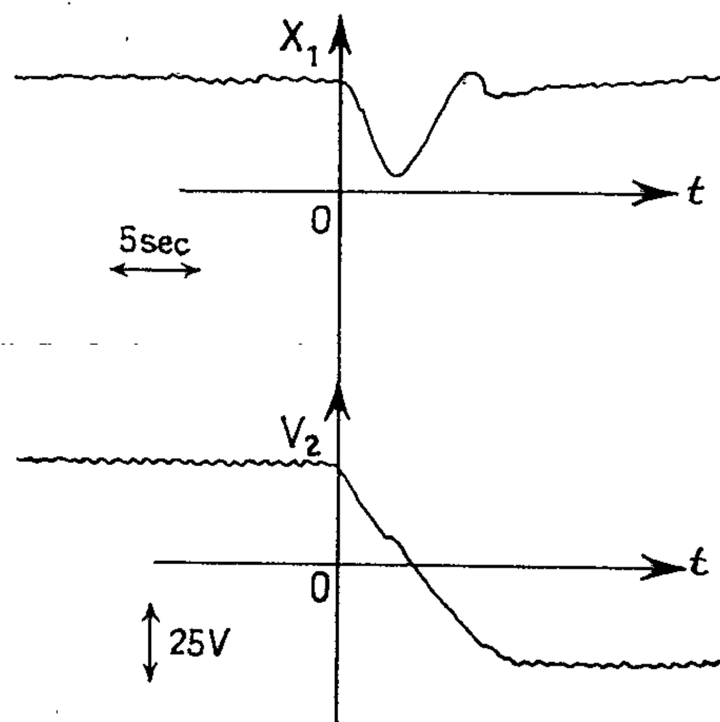


Fig. 5.
$t < 0$, $X_{1,m} = X_{2,m} = 30$ V,
$t \geq 0$, $X_{1,m} = 30$ V, $X_{2,m} = -30$ V,
$a = 7$ V/s.

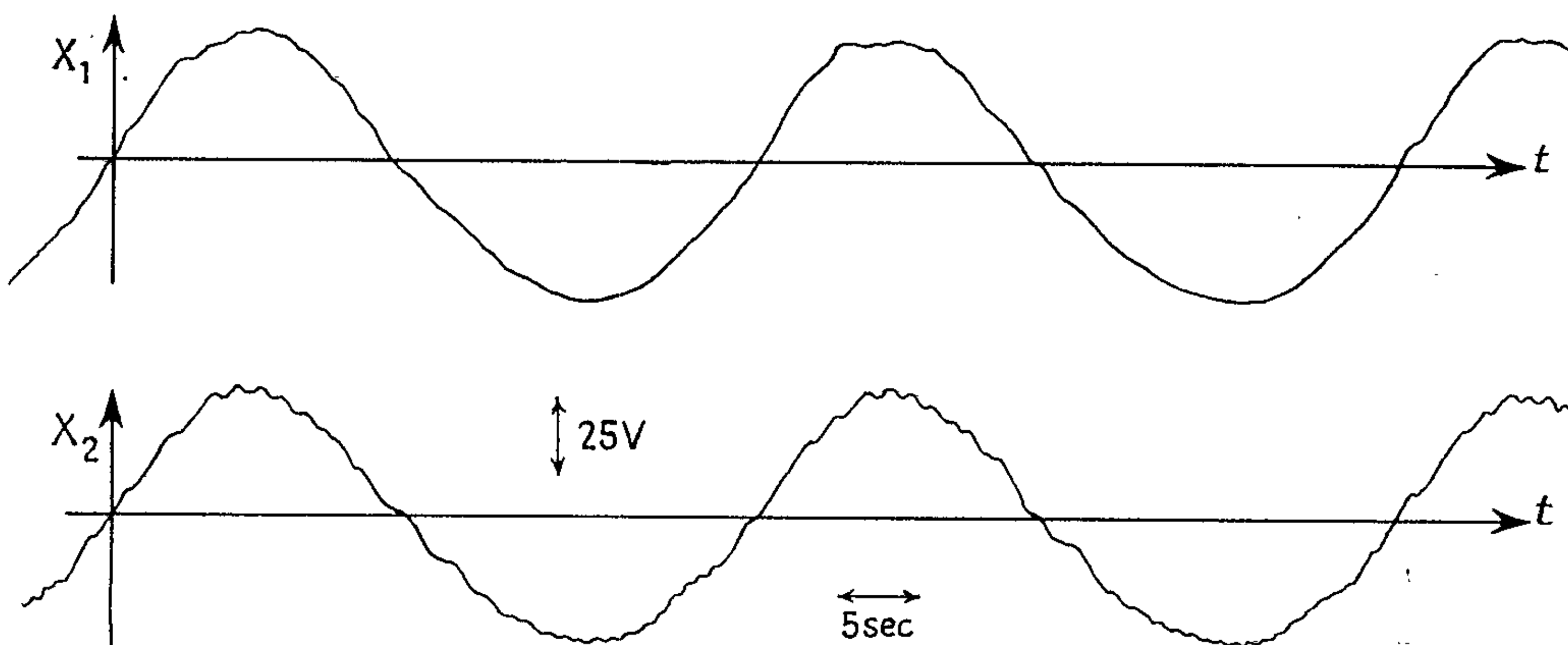


Fig. 4.
$X_{1,m} = X_{2,m} = A \cos \omega t$, $\omega = 0{,}105$ rad/s,
$A = 38$ V, $a = 10$ V/s, $b_1 = b_2 = | b |$.

Sur la figure 5 sont donnés les parcours de X_1 et X_2 pour un changement de $X_{2,m}$ en échelon unité.

Les résultats obtenus confirment les équations données au-dessus.

(*) Séance du 29 octobre 1962.
(¹) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1067.

(*Institut d'Automatisation de l'Académie des Sciences Polonaise, Varsovie et Laboratoire de Génie électrique de l'Université de Toulouse, 2, rue Camichel.*)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie des résonances considérées comme états excités internes du modèle du rotateur relativiste des particules élémentaires.* Note (*) de MM. **Pierre Hillion** et **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le modèle de rotateur relativiste des particules élémentaires développé récemment admet théoriquement une infinité de niveaux quantifiés internes qui correspondent à des états excités internes stables ou métastables. Ceci implique qu'en plus des particules observées (associées par hypothèse aux niveaux les plus bas) on puisse prévoir des états nouveaux qu'il est tentant d'identifier aux résonances récemment observées. Une première discussion est faite ici indépendamment du choix particulier qu'on peut faire pour classer les baryons et les bosons dans le modèle.

Comme on sait [1] le modèle de rotateur relativiste des particules élémentaires repose sur l'idée qu'il faut substituer à la conception ponctuelle des particules élémentaires un modèle étendu : réduit en première approximation à un point mobile P, origine commune de deux systèmes d'axes quadridimensionnels (tétrapodes d'Einstein) L et T. La particule est donc représentée classiquement par 10 paramètres cinématiques : soit les x_μ qui localisent P et six paramètres [par exemple [2], les trois angles d'Euler relativistes complexes $\omega^{\pm}$] qui définissent l'orientation relative de L et de T. Comme on sait [1], la fonction d'onde totale peut être écrite sous la forme $\Psi(x_\mu)\, Z_{l+,l-,s'}^{m+,m-,m'}(\omega^+, \omega^-)$ où les fonctions $Z_{l+,l-,s'}^{m+,m-,m'}(\omega^+, \omega^-)$ représentent les niveaux quantifiés internes du rotateur relativiste hypersphérique; chaque niveau définissant un état interne correspondant à une particule élémentaire. Ceci posé on peut attaquer le problème des résonances de la manière suivante.

1. Soit $\mathcal{H}(R_3^c)$ l'espace vectoriel construit sur les polynomes $Z_{l+,l-,s'}^{m+,m-,m'}(\omega^+, \omega^-)$ et S-R_3 le groupe isomorphe au groupe orthogonal R_3 opérant dans $\mathcal{H}(R_3^c)$ sous lequel sont invariantes les interactions fortes. Sous S-R_3 $\mathcal{H}(R_3^c)$ admet la décomposition en somme directe :

$$\mathcal{H}(R_3^c) = \bigoplus_{l+,l-,s',m',m-} \mathcal{H}_{l+,l-,s'}^{m',m-}(R_3^c) \tag{1}$$

ou les $\mathcal{H}_{l+,l-,s'}^{m',m-}(R_3^c)$ sont des sous-espaces correspondant à des valeurs fixes des nombres l^+, l^-, s', m', m^-. Les multiplets de spin isobarique appartiennent aux sous-espaces $\mathcal{H}_{l+,l-,s'}^{m',m-}(R_3^c)$.

2. On définit une résonance comme une particule à laquelle est associée un polynome $Z(\omega^+)$ de $\mathcal{H}(R_3^c)$ obtenu par produit tensoriel des polynomes des sous-espaces $\mathcal{H}_{l+,l-,s'}^{m',m-}(R_3^c)$ « contenant » les particules élémentaires. Cette définition est précisée par les deux remarques suivantes :

a. Le produit tensoriel $\mathcal{H}_{l_1^+,l_1^-,s_1'}^{m_1',m_1^-}(R_3^c) \otimes \mathcal{H}_{l_2^+,l_2^-,s_2'}^{m_2',m_2^-}(R_3^c)$ admet la décomposition de Clebsch-Gordan généralisée :

$$\mathcal{H}_{l_1^+,l_1^-,s_1'}^{m_1',m_1^-}(R_3^c) \oplus \mathcal{H}_{l_2^+,l_2^-,s_2'}^{m_2',m_2^-}(R_3^c) \bigoplus_{n+,n-,t'} \mathcal{H}_{n+,n-,t'}^{(m_1'+m_2'),(m_1^-+m_2^-)}(R_3^c), \tag{2}$$

avec

$$n^{\pm} = (l_1^{\pm} + l_2^{\pm}), \quad (l_1^{\pm} + l_2^{\pm} - 1), \quad \ldots, \quad |l_1^{\pm} - l_2^{\pm}|$$

et

$$l' = (n^{+} + n^{-}), \quad (n^{+} + n^{-} - 1), \quad \ldots, \quad |n^{+} - n^{-}|,$$

avec

$$t' = (s'_1 + s'_2), \quad (s' + s'_2 - 1), \quad \ldots, \quad |s'_1 - s'_2|.$$

4. Étant donné l'interaction forte où R est la résonance supposée

(3) $$a + b \rightarrow R \quad + e \\ \quad \llcorner\!\rightarrow c + d$$

On a :

$$Z_R(\omega^{\pm}) \in \mathcal{H}_R R_3^c), \qquad Z_c(\omega^{\pm}) \in \mathcal{H}_c(R_3^c) \qquad \text{et} \qquad Z_d(\omega^{\pm}) \in \mathcal{H}_d(R_3^c)$$

et

(4) $$\mathcal{H}_R(R_3^c) \in \mathcal{H}_c(R_3^c) \otimes \mathcal{H}_d(R_3^c).$$

Exemple. — La résonance (³) Y_2^* 1 580 MeV, T = 2, S = — 1 dans le système Σ-Π s'écrit

$$Z_{Y^*} \equiv Z_{2,\ \frac{1}{2},\ \frac{1}{2}}^{2,-\frac{1}{2},-\frac{1}{2}}(\omega^{\pm}) \in \mathcal{H}_{2,1,\frac{1}{2}}^{-\frac{1}{2},-\frac{1}{2}}(R_3^c) = \mathcal{H}_{1,\frac{1}{2},\frac{1}{2}}^{-\frac{1}{2},-\frac{1}{2}}(R_3^c) \otimes \mathcal{H}_{1,0,1}^{0;0}(R_3^c),$$

car

$$Z_{\Sigma^+} \equiv Z_{1,\ \frac{1}{2},\ \frac{1}{2}}^{1,-\frac{1}{2},-\frac{1}{2}}(\omega^{\pm}) \in \mathcal{H}_{1,\frac{1}{2},\frac{1}{2}}^{-\frac{1}{2},-\frac{1}{2}}(R_3^c)$$

et

$$Z_{\Pi^+} \equiv Z_{1;0,1}^{1;0,0}(\omega^{\pm}) \in \mathcal{H}_{1;0,0}^{0;0}(R_3^c).$$

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(¹) Pour une description classique *voir* : D. Bohm et J. P. Vigier, *Phys. Rev.*, 109, 1958, p. 1882 et D. Bohm, P. Hillion, T. Takabayasi et J. P. Vigier, *Prog. Theor. Phys.*, 23, 1960, p. 496. Pour une description quantique *voir* : D. Bohm, P. Hillion et J. P. Vigier, *Prog. Theor. Phys.*, 25, 1960, p. 761; L. de Broglie, D. Bohm, P. Hillion, F. Halbwachs, T. Takabayasi et J. P. Vigier, *Phys. Rev.* (à paraître dans le numéro du 15 décembre 1962); S. Katayama, R. Katsumori, J. P. Vigier et Y. Yukawa, *Prog. of Th. Physics.*

(²) P. Hillion et J. P. Vigier, *Nuclear Physics*, 16, 1960, p. 360.

(³) J. Dowell et coll., *Proceeding of the Aix-en-Provence Conference on elementary particles*, 1961.

ÉLECTRICITÉ. — *Obtention d'une force électromotrice alternative à partir d'ondes sonores se propageant dans un gaz ionisé.* Note (*) de MM. **Eugène Bacconnet**, **Jean Debiesse** et **Siegfried Klein**, présentée par M. Francis Perrin.

On montre qu'il est possible d'obtenir une force électromotrice alternative dans un gaz ionisé par rayons X ou par rayonnement γ quand ce gaz est traversé par une onde sonore. La fréquence de la tension alternative ainsi obtenue est celle de l'onde sonore incidente.

Des expériences effectuées à partir d'ondes sonores de fréquences variables se propageant dans un gaz ionisé par rayons X, par exemple, ont permis de constater qu'il est possible d'obtenir une tension alternative entre deux sondes placées dans la colonne gazeuse, de fréquence égale à celle des ondes accoustiques.

Dans une Note précédente [1] on a décrit une expérience où un gaz en état tourbillonnaire ionisé par rayons X a donné naissance à une force électromotrice continue de plusieurs dizaines de volts, relevée entre deux sondes placées dans ce milieu. Dans cette expérience existait un gradient fixe de densité dans le gaz; dans la présente expérience, lors de la propagation d'ondes sonores il y a variation de pression et ce sont ces variations qui modifient alternativement la densité des couches gazeuses entourant les deux sondes. Ces variations de densité entraînent au niveau des sondes des variations de fonction source et de diffusion des charges électriques issues du rayonnement ionisant [2].

Le dispositif expérimental schématisé sur la figure 1 est constitué d'un tube en verre (*a*) contenant le gaz ionisé dans lequel sont insérées deux sondes de mesure (*b*, *c*) et un détecteur de pression (*e*). Ce détecteur est formé par un filament chauffé électriquement; la résistance électrique de ce filament dépend de sa température, celle-ci étant fonction de la pression du gaz. Ce détecteur nous a permis de montrer qu'en un point quelconque du tube la tension alternative était en phase avec la variation de pression.

La source sonore (*d*) (haut-parleur) se trouve placée à l'une des ouvertures du tube en verre, l'autre extrémité du tube est fermée par un carton (*f*) servant de réflecteur aux ondes acoustiques pouvant créer ainsi un régime d'ondes stationnaire. Le gaz contenu dans le tube est ionisé par un faisceau de rayons X.

La figure 2 indique :

1° La phase respective entre l'onde accoustique incidente et la tension électrique alternative. Il en résulte qu'une élévation de pression autour de l'une des sondes correspond à une polarité positive de celle-ci par rapport à l'autre.

2° Que lorsqu'on établit un régime d'ondes stationnaire et qu'on place l'une des sondes dans un ventre de pression, la tension alternative aux bornes des deux sondes est de 1,2 mV pour un niveau sonore de 100 dB au-dessus de 2.10^{-4} baryes, soit pour une variation de pression de

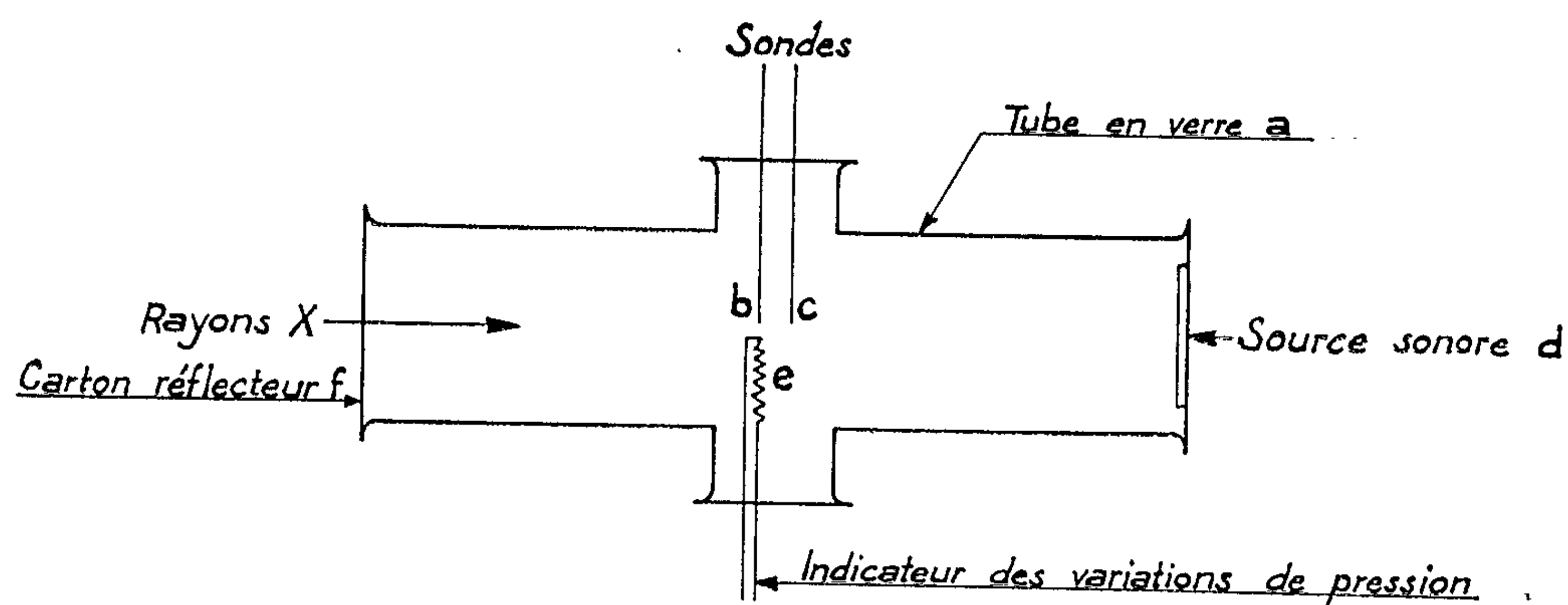


Fig. 1.

$1,5.10^{-2}$ mm de mercure autour de la pression atmosphérique. Au cours de ces expériences la densité d'ionisation dans l'air par les rayons X, était de l'ordre de 10^{9} ions/cm³. s.

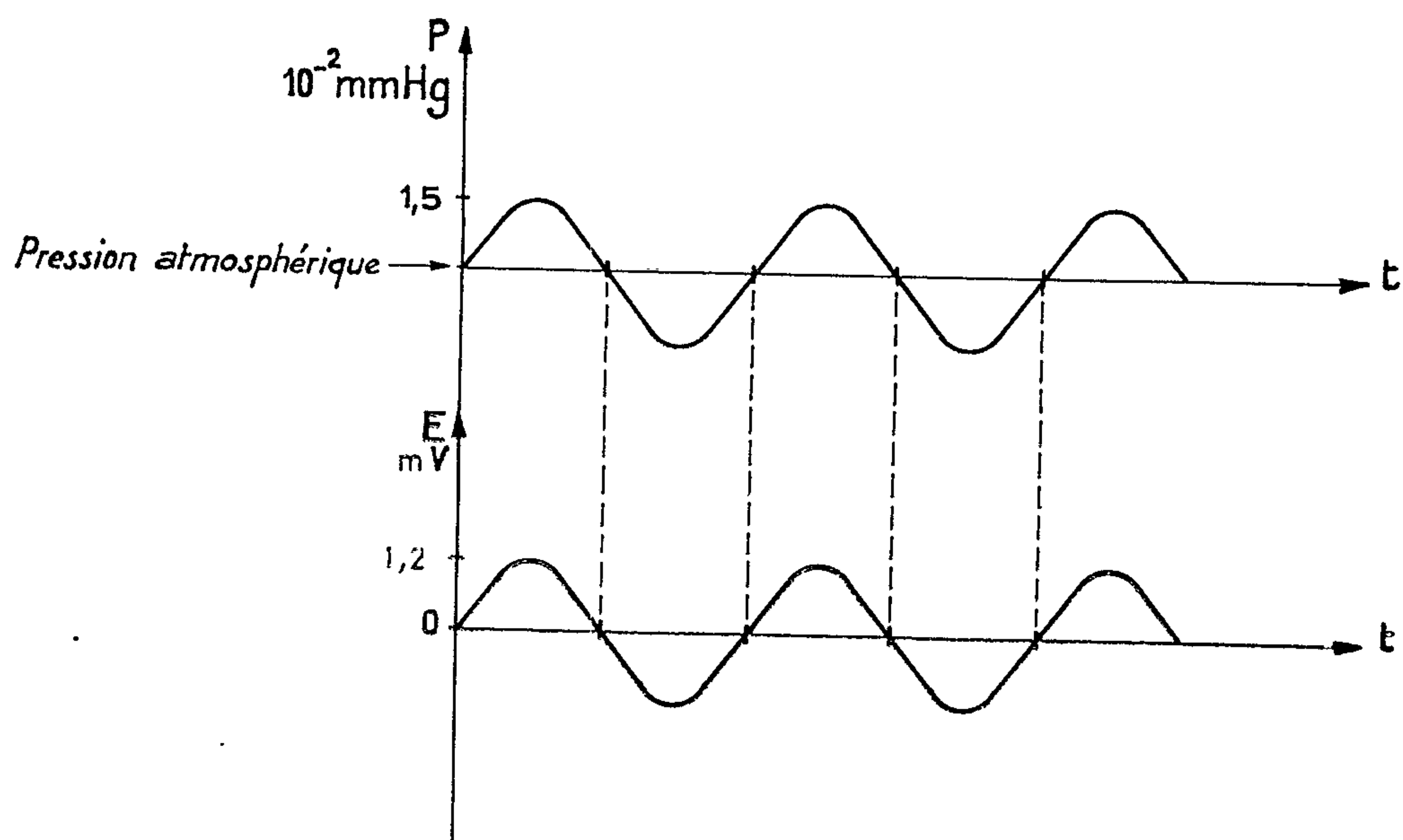


Fig. 2.

Conclusion. — Nous pensons que ces expériences indiquent un moyen d'obtenir directement une force électromotrice alternative à partir d'un gaz ionisé dans un réacteur nucléaire. Ce procédé peut, par conséquent servir à la conversion d'un rayonnement ionisant en électricité. Tenant compte de l'expérience précédente où une tension de plusieurs dizaines

de volts continue à pu être obtenue pour une différence de pression de 100 mm de mercure, on peut espérer obtenir des tensions alternatives de même ordre de grandeur si l'on utilise des débits pulsés de gaz ionisés.

Par ailleurs, il semble que ce phénomène doit se retrouver lors du passage d'une onde élastique à travers un réseau cristallin (métal, semi-conducteur, etc.). Des expériences à ce sujet sont en cours.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

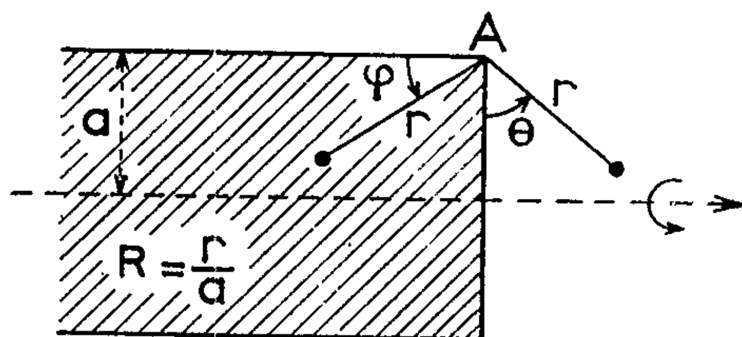
(1) J. DEBIESSE et S. KLEIN, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 4151.

(2) J. DEBIESSE, S. KLEIN et J. TAILLET, *Comptes rendus*, 255, 1962 (à paraître).

ÉLECTROSTATIQUE. — *Développement en série du potentiel au voisinage de l'arête de base d'un cylindre possédant une distribution volumique de charges.* Note (*) de M. **Émile Durand**, transmise par M. Léopold Escande.

Dans des Notes précédentes J. Gélard [1] et l'auteur [2] ont étudié des développements du potentiel au voisinage des courbes qui limitent les distributions superficielles de charges. Ces développements sont indispensables pour le calcul numérique des potentiels, si l'on veut obtenir une bonne précision. Nous nous proposons d'étudier ici le voisinage de l'arête d'une distribution volumique. Nous supposerons la densité ρ uniforme, mais la méthode s'applique aussi au cas d'une distribution quelconque développable en série entière.

La distribution de charges se trouve dans la région hachurée de la figure 1 et nous cherchons un développement du potentiel autour du point A.



Avec les coordonnées de la figure 1 le potentiel doit obéir à l'extérieur à l'équation

$$(1)\qquad (\delta - \mathrm{L})\,\mathrm{V}_e = 0, \qquad \text{avec} \quad \begin{cases} \delta = \dfrac{\partial^2}{\partial \mathrm{R}^2} + \dfrac{1}{\mathrm{R}}\dfrac{\partial}{\partial \mathrm{R}} + \dfrac{1}{\mathrm{R}^2}\dfrac{\partial^2}{\partial \theta^2}, \\ \mathrm{L} = \dfrac{1}{(1 - \mathrm{R}\cos\theta)}\left[\cos\theta \dfrac{\partial}{\partial \mathrm{R}} - \dfrac{\sin\theta}{\mathrm{R}}\dfrac{\partial}{\partial \theta}\right] \end{cases}$$

et à l'intérieur, à l'équation

$$(2)\qquad (\delta - \mathrm{L})\,\mathrm{V}_i = a^2 f, \qquad \text{avec} \quad \begin{cases} \delta = \dfrac{\partial^2}{\partial \mathrm{R}^2} + \dfrac{1}{\mathrm{R}}\dfrac{\partial}{\partial \mathrm{R}} + \dfrac{1}{\mathrm{R}^2}\dfrac{\partial^2}{\partial \varphi^2}, \\ \mathrm{L} = \dfrac{1}{(1 - \mathrm{R}\sin\varphi)}\left[\sin\varphi \dfrac{\partial}{\partial \mathrm{R}} + \dfrac{\cos\varphi}{\mathrm{R}}\dfrac{\partial}{\partial \varphi}\right] \end{cases}$$

et $f = -\rho/\varepsilon_0$.

Nous écrirons les potentiels sous la forme

$$(3)\qquad \mathrm{V}_e = \mathrm{V}(\mathrm{A}) + (\text{termes réguliers nuls à l'origine A}) + \psi_e,$$

$$(4)\qquad \mathrm{V}_i = \mathrm{V}(\mathrm{A}) + (\text{termes réguliers nuls à l'origine A}) + \psi_i.$$

Nous laisserons de côté les termes réguliers qui dépendent de huit constantes arbitraires si l'on considère le développement jusqu'aux termes en R^4. Ces termes sont bien connus et s'obtiennent aisément. Nous porterons

notre attention sur les termes ψ_e et ψ_i qui sont liés à la présence locale de la distribution et que nous écrirons sous la forme

$$\psi_e = [\text{solutions de } (\partial - L)\,\psi_e = o], \tag{5}$$

$$\psi_i = [\text{solutions de } (\partial - L)\,\psi_i = o] + AR^2(1 + \cos(2\varphi)), \tag{6}$$

en posant $A = -a^2(\rho/4\,\varepsilon_0)$. On vérifie en effet que $AR^2\,(1 + \cos(2\,\varphi))$ est une solution particulière de l'équation $(\partial - L)\,\psi_i = a^2 f$.

Pour obtenir ψ_i et ψ_e on commence par chercher des fonctions ψ'_i et ψ'_e telles que

$$\psi'_e = [\text{solutions de } \partial\psi'_e = o], \tag{7}$$

$$\psi'_i = [\text{solutions de } \partial\psi'_i = o] + AR^2(1 + \cos(2\varphi)). \tag{8}$$

Les solutions de $\partial\psi' = o$ sont choisies de manière que (7) et (8) satisfassent aux conditions aux limites

$$\left\{\begin{array}{l} \psi'_e = \psi'_i \\ \partial_\theta\psi_e = \partial_\varphi\psi_i \end{array}\right. \quad \text{quand} \quad \left\{\begin{array}{l} \theta = o \\ \varphi = \dfrac{\pi}{2} \end{array}\right. \quad \text{et quand} \quad \left\{\begin{array}{l} \theta = \dfrac{3\pi}{2}, \\ \varphi = o. \end{array}\right. \tag{9}$$

Puis à l'aide de la méthode de Picard ([3]) on transforme ces solutions de $\partial\psi' = o$ en solutions de $(\partial - L)\,\psi = o$. A chaque étape du processus itératif on ajoute des solutions de $\partial\psi = o$ avec des coefficients arbitraires pour que les conditions aux limites ne soient pas modifiées. Pour (7) et (8) on peut prendre des expressions du même type que pour les systèmes plans ([4]), soit

$$\psi'_e = \sum_{n=2}^{n=4} R^n[c_n G(n) + d_n F(n)], \tag{11}$$

$$\psi'_i = \sum_{n=2}^{n=4} R^n[\alpha'_n \cos(n\varphi) + \beta'_n \sin(n\varphi) + c'_n G'(n) + d'_n F'(n)] + AR^2(1 + \cos 2\varphi) \tag{10}$$

et désignant par $G(n)$ et $F(n)$ les mêmes expressions que dans la Note ([2]).

Pour appliquer la méthode de Picard on part de

$$\Phi_1^{(e)} = -\frac{A}{\pi} R^2 G(2), \tag{12}$$

$$\Phi_1^{(i)} = -\frac{A}{\pi} R^2 G'(2) - \frac{A}{2} R^2 \cos(2\varphi). \tag{13}$$

La première itération donne

$$\Phi_2^{(e)} = -\frac{A}{\pi}\left\{\frac{R^3}{4} G(1) + \frac{R^4}{16} G(0) + \frac{R^4}{12} G(2) + \frac{R^4}{72} \sin(2\theta)\right\} + \{\text{solutions de } \partial\Phi_2^{(e)} = o\}, \tag{14}$$

$$\Phi_2^{(i)} = \frac{A}{\pi}\left\{-\frac{R^3}{4} F'(1) - \frac{R^4}{16} G'(0) + \frac{R^4}{12} G'(2) + \frac{R^4}{72} \sin(2\varphi)\right\} + A\left\{\frac{R^3}{8} \sin\varphi + \frac{R^4}{32} - \frac{R^4}{24} \cos(2\varphi)\right\} + \{\text{solutions de } \partial\Phi_2^{(i)} = o\}. \tag{15}$$

Comme les termes en R^4 seront modifiés par ceux de la deuxième itération, nous choisirons les solutions de $\delta\Phi = 0$ dans (14), (15) de telle sorte que les conditions aux limites (9) soient satisfaites pour les termes en R^3; pour Φ_e et Φ_i on prendra respectivement

$$\lambda_1 R^3 G(3) + \lambda_2 R^3 F(3) + \lambda_3 R^3 \cos(3\theta) + \lambda_4 R^3 \sin(3\theta), \tag{16}$$

$$\mu_1 R^3 G'(3) + \mu_2 R^3 F'(3) + \mu_3 R^3 \cos(3\varphi) + \mu_4 R^3 \sin(3\varphi). \tag{17}$$

On trouve aisément $\lambda_2 = \lambda_4 = \mu_1 = \mu_3 = \mu_4 = 0$ et

$$\lambda_1 = -\frac{A}{12\pi}, \qquad \lambda_3 = -\frac{A}{24}, \qquad \mu_2 = \frac{A}{12\pi}. \tag{18}$$

On opère d'une manière analogue pour la deuxième itération et le résultat définitif s'écrit

$$\begin{aligned}\psi_e = & -\frac{A}{\pi} R^2 G(2) \\ & -\frac{A}{4\pi} R^3 \left[G(1) + \frac{1}{3} G(3) \right] - \frac{A}{24} R^3 \cos(3\theta) \\ & -\frac{A}{8\pi} R^4 \left[\frac{3}{4} G(0) + G(2) + \frac{1}{4} G(4) + \frac{1}{18} \sin(2\theta) \right] \\ & -\frac{A}{96} R^4 \left[\cos(2\theta) + \frac{3}{2} \cos(4\theta) \right],\end{aligned} \tag{19}$$

$$\begin{aligned}\psi_i = & \frac{A}{\pi} R^2 G'(2) - \frac{A}{2} R^2 \cos(2\varphi) + AR^2[1 + \cos(2\varphi)] \\ & -\frac{A}{4\pi} R^3 \left[F'(1) - \frac{1}{3} F'(3) \right] + \frac{A}{8} R^3 \sin\varphi \\ & -\frac{A}{8\pi} R^4 \left[\frac{3}{4} G'(0) - G'(2) + \frac{1}{4} G'(4) - \frac{1}{18} \sin(2\varphi) \right] \\ & +\frac{A}{64} R^4 \left[3 - \frac{10}{3} \cos(2\varphi) \right].\end{aligned} \tag{20}$$

En portant (19) et (20) dans (3) et (4) on obtient les développements cherchés.

(*) Séance du 5 novembre 1962.
(1) *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3455; 251, 1960, p. 1871.
(2) *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2484.
(3) Pour plus de détails concernant l'application de cette méthode on se reportera à la communication de l'auteur au 2e *Congrès de l'A.F.C.A.L.T.I.*, Paris, 1961.
(4) PH. DURAND, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1189.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Effets de déséquilibres secondaires sur les courants primaires de trois quadripôles alimentés par des tensions triphasées.* Note (*) de MM. **Michel Bernard** et **Jean Coulon**, transmise par M. Charles Camichel.

Les déséquilibres des courants secondaires aux sorties de trois quadripôles modifient la répartition des courants primaires. On montre comment les déséquilibres de phases peuvent se calculer simplement à partir des valeurs efficaces des courants.

On considère (*fig.* 1) trois quadripôles identiques, dont les impédances série sont Z_A et Z_B, les admittances étant Y_A. Désignant par U_i les tensions appliquées aux entrées, U_{si} les tensions obtenues aux sorties, I_i les courants à l'entrée, I_{si} les courants de sortie, on peut écrire

$$U_i = U_{si}(1 + Z_A Y_A) + I_{si}(Z_A + Z_B + Z_A Z_B Y_A),$$
$$I_i = Y_A U_{si} + I_{si}(Y_A Z_B + 1),$$

avec $i = 1$, 2 ou 3.

Les relations des courants primaires donnent

$$(1)\qquad \frac{I_1 - Y_A U_{s1}}{I_2 - Y_A U_{s2}} = \frac{I_{s1}}{I_{s2}}; \qquad \frac{I_1 - Y_A U_{s1}}{I_3 - Y_A U_{s3}} = \frac{I_{s1}}{I_{s3}}.$$

Si l'on suppose que les courants primaires ne sont pas triphasés et qu'il existe une composante inverse, on peut poser, λ et μ étant deux quantités non dimensionnelles, α et β deux angles :

$$I_2 = \lambda I_1 e^{\frac{2\pi j}{3}} e^{j\alpha}, \qquad I_3 = \mu I_1 e^{\frac{4\pi j}{3}} e^{j\beta}.$$

La phase de I_{s1} étant prise comme origine et $|U_{s1}|$ étant la valeur efficace de la tension de sortie correspondante, on a

$$U_{s1} = K |U_{s1}| e^{j\varphi},$$

Les relations (1) s'écrivent alors

$$\frac{I_1 - Y_A K |U_{s1}| e^{j\varphi}}{(\lambda \text{ ou } \mu) I_1 e^{\frac{k\pi j}{3}} e^{j(\alpha \text{ ou } \beta)} - K Y_A |U_{s1}| e^{j\varphi} e^{\frac{k\pi j}{3}}} = \left|\frac{I_{s1}}{I_{s(2 \text{ ou } 3)}}\right| e^{-\frac{k\pi j}{3}} \qquad (k = 2 \text{ ou } 4)$$

ou encore

$$K Y_A |U_{s1}| e^{j\varphi} \left\{ 1 - \left|\frac{I_{s1}}{I_{s(2 \text{ ou } 3)}}\right| \right\} = I_1 \left\{ 1 - (\lambda \text{ ou } \mu) e^{j(\alpha \text{ ou } \beta)} \left|\frac{I_{s1}}{I_{s(2 \text{ ou } 3)}}\right| \right\}.$$

En faisant le rapport de deux relations analogues, on élimine $K Y_A |U_{s1}| e^{j\varphi}$ et I_1, ce qui donne

$$\left|\frac{I_{s1}}{I_{s2}} - \frac{I_{s1}}{I_{s3}}\right| = \mu e^{j\beta} \left|\frac{I_{s1}}{I_{s3}}\right| \left\{ \left|\frac{I_{s1}}{I_{s2}}\right| - 1 \right\} + \lambda e^{j\alpha} \left|\frac{I_{s1}}{I_{s2}}\right| \left\{ 1 - \left|\frac{I_{s1}}{I_{s3}}\right| \right\}.$$

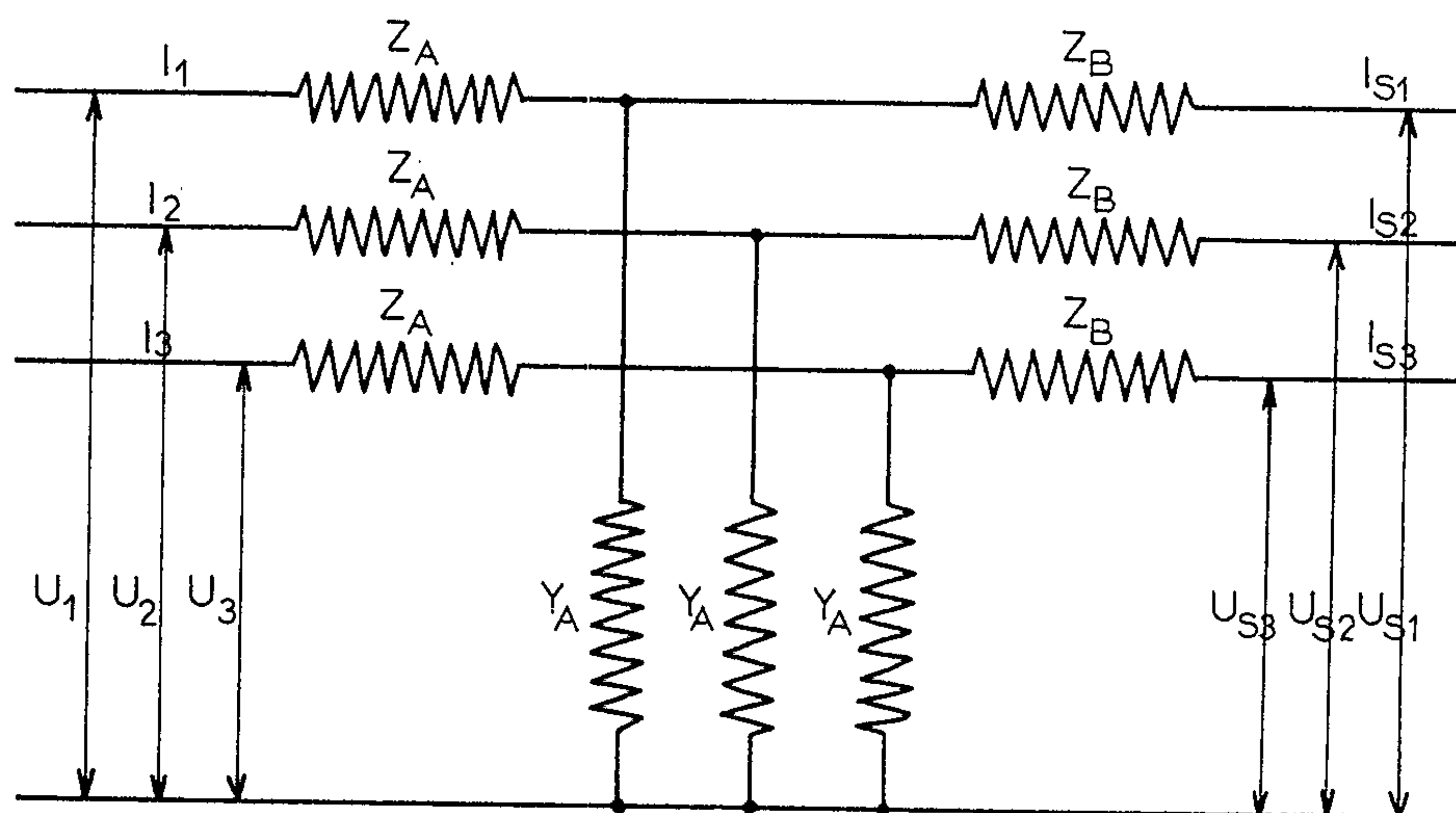
Cette expression n'a aucun sens si deux des courants $|I_{s1}|$ et $|I_{s2}|$ sont égaux, à moins que le troisième lui-même soit égal aux deux autres, auquel cas on retombe sur un système de courants triphasés équilibrés.

La dernière relation écrite permet, en séparant parties réelle et imaginaire, de calculer :

$$\cos\alpha = \frac{\mu^2 \{|I_{s1}| - |I_{s2}|\}^2 - \lambda^2 \{|I_{s1}| - I_{s3}\}^2 - \{|I_{s3}| - |I_{s2}|\}^2}{2\lambda \{ I_{s1}| - |I_{s3}|\} \{|I_{s3}| - |I_{s2}|\}}$$

et

$$\sin\beta = \frac{\lambda}{\mu} \sin\alpha \frac{|I_{s1}| - |I_{s3}|}{|I_{s1}| - |I_{s2}|}.$$



Ainsi pour calculer les déséquilibres de phase au primaire de trois quadripôles alimentés par trois tensions triphasées, il suffit de mesurer

$$\lambda = \text{rapport entre } \frac{\text{valeur efficace de } I_2}{\text{valeur efficace de } I_1},$$

$$\mu = \text{rapport entre } \frac{\text{valeur efficace de } I_3}{\text{valeur efficace de } I_1}$$

et les valeurs efficaces des courants de sortie $|I_{s1}|$, $|I_{s2}|$, $|I_{s3}|$.

L'étude expérimentale a consisté à vérifier la validité des formules précédemment exposées et à constater qu'un régime triphasé déséquilibré pouvait se définir à partir de mesures de courants.

On peut penser que, dans certains cas, l'étude précédente peut s'appliquer à l'étude des déséquilibres produits au primaire de transformateurs triphasés alimentant au secondaire des charges dissymétriques.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(*Laboratoire Électrotechnique et Électronique industrielle de l'E.N.S.E.E.H.T., 2, rue Camichel, Toulouse.*)

SPECTROSCOPIE. — *Étude spectroscopique de quelques composés aromatiques condensés méthylés.* Note (*) de M. **Maurice Gelus**, Mme **Jane-Marie Bonnier** et M. **Philippe Traynard**, présentée par M. Louis Néel.

Le déplacement bathochrome des bandes d'absorption dans l'ultraviolet dû à la substitution d'un hydrogène par un groupe méthyle est étudié, dans le cas de quelques aromatiques condensés. L'étude porte spécialement sur la recherche d'une relation entre la valeur de ce déplacement et les concepts théoriques caractérisant le carbone substitué.

Le déplacement bathochrome dû à la substitution d'un méthyl dans une molécule d'un hydrocarbure conjugué alternant est un fait déjà bien connu. Toutefois, à notre connaissance, aucune étude expérimentale systématique portant sur les variations du déplacement bathochrome en fonction de la position du substituant n'a été publiée jusqu'ici.

Pour ce travail, nous avons observé le spectre ultraviolet des dérivés méthylés du naphtalène, de l'anthracène, sauf celui substitué en position 1, du phénanthrène, sauf celui portant le groupement méthyle sur le carbone 3.

Nous avons préparé le 1 et le 4-méthylphénanthrène selon la méthode classique de Haworth [1], modifiée selon les travaux de Wilds [2].

Les composés étudiés ont été purifiés au mieux par des recristallisations dans des solvants appropriés. Les points de fusion obtenus sont résumés dans le tableau suivant :

Naphtalène	80°	Phénanthrène	99°
1-méthylnaphtalène	Liquide	1-méthylphénanthrène	115-116°
2- »	35°	2- »	58°,5
Anthracène	216°,5	4- »	53°
2-méthylanthracène	209°,5	9- »	91°,5
9- »	80		

Résultats expérimentaux. — Tous les spectres ont été enregistrés à l'aide d'un spectrophotomètre à double faisceau, enregistreur, Beckman DK 1, et le solvant était le cyclohexane.

Pour interpréter les spectres, nous avons utilisé la nomenclature de Clar [3]. Les variations du déplacement des bandes sont importantes, comme on le voit dans les tableaux suivants, où sont résumés, d'une part les bandes caractéristiques des spectres et, d'autre part, les déplacements de ces bandes et l'indice de valence libre du carbone substitué.

Interprétation des résultats. — La règle du maximum de conjugaison nous permet de prévoir approximativement le déplacement bathochrome. Ainsi, les changements les plus importants ont lieu par le sommet méso, de très forte valence libre. Aux positions α du naphtalène et des hydrocarbures voisins correspondent des déplacements moyens, tandis que les variations sont très faibles dans le cas des carbones à faible valence libre.

Hydrocarbures.	Bandes p (mμ).	Bandes β (mμ).	Bandes α (mμ).
Naphtalène	286,5	221,5	311,2
1-méthylnaphtalène	293,5	224,9	314,1
2- »	286,9	225	318,8
Anthracène	375,1	253,2	.
2-méthylanthracène	376,8	255,8	..
9- »	386	257,1	–
Phénanthrène	293,2	251,8	345,9
1-méthylphénanthrène	300	256,4	349,5
2- »	294,6	253,6	346,9
4- »	297,3	251,5	349,1
9- »	296,9	253,8	348,8

Hydrocarbures.	$\Delta\lambda_p$ (mμ).	$\Delta\lambda_\beta$ (mμ).	$\Delta\lambda_\alpha$ (mμ).	Indices de structure.
1-méthylnaphtalène	7,0	3,4	2,9	0,452
2- »	0,4	3,5	7,6	0,404
2-méthylanthracène	1,7	2,6	-	0,408
9- »	10,9	3,9	..	0,520
1-méthylphénanthrène	6,8	4,6	3,6	0,452
2- »	1,4	1,8	1,0	0,404
4- »	4,1	−0,3	3,2	0,440
9- »	3,7	1,8	2,9	0,451

Des auteurs ont déjà essayé de trouver une relation convenable entre le déplacement de la bande p et les indices de structure.

Pullman [4] relie la variation de l'énergie de la première transition électronique à la variation de la valence libre du carbone substitué quand on passe de l'état fondamental au premier état excité. Mais cette relation ne semble pas pouvoir s'étendre à la série des hydrocarbures étudiés.

Peters [5] par un calcul simple de variation établi par Longuet-Higgins et Sowden [6] a pu prévoir les déplacements des bandes p, α et β. Toutefois, un tel calcul ne peut donner avec une bonne précision les variations dans la position des bandes d'absorption, et de plus, à cette époque (1957) on ne connaissait que le spectre du 9-méthylphénanthrène, parmi les cinq isomères de ce composé.

Il semble qu'il n'existe aucune relation quantitative simple entre le $\Delta\lambda_p$ et la valence libre du carbone substitué. Notre étude peut être une vérification de la loi dite du « maximum de conjugaison », qui stipule le parallélisme entre le degré d'interaction du composé et de son substituant et la valence libre du carbone portant ce substituant : en effet, aux carbones α du naphtalène et aux carbones homologues de l'anthracène et du phénanthrène de valence libre 0,450 correspond un déplacement bathochrome de 7 mμ environ. Les carbones β, de valence libre faible, sont liés au déplacement faible, de l'ordre de 1 mμ. Quant au carbone méso, de valence libre 0,520, il correspond à un déplacement beaucoup plus important (10,9 mμ).

Peters avait prévu un empêchement stérique faible pour le 4-méthylphénanthrène. C'est bien ce que notre étude vérifie, et cet empêchement entraîne de plus un déplacement hypsochrome de la bande β. Cependant, dans l'ensemble, la bande *p* demeure la plus sensible aux variations de la constitution de la molécule, comme on le sait par ailleurs.

Pour étudier de plus près la variation des niveaux d'énergie due à la substitution, outre la spectroscopie, il y a encore la mesure des potentiels d'ionisation et de réduction polarographique. Les mesures de ce dernier sont en cours, et nous espérons approcher de plus près les effets du groupe méthyle sur les énergies des orbitales moléculaires.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) HAWORTH, *J. Chem. Soc.*, 1932, p. 1125.
(2) WILDS, *J. Amer. Chem. Soc.*, 64, 1942, p. 1421.
(3) E. CLAR, *Aromatische Kohlenwasserstoffe*, 1952.
(4) B. PULLMANN et G. BERTHIER, *J. Chem. Phys.*, 52, 1955, p. 114.
(5) D. PETERS, *J. Chem. Soc.*, 1957, p. 646 et 1993.
(6) LONGUET-HIGGINS et SOWDEN, *J. Chem. Soc.*, 1952, p. 404.

(*Laboratoire de Chimie générale de la Faculté des Sciences de Grenoble.*)

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Structure électronique et pouvoir rotatoire magnétique du propène-2 al et du butène-2 al.* Note de M. **Jean-François Labarre**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous avons pu montrer récemment, en collaboration avec F. Gallais [1], que la présence d'un système conjugué dans une molécule de la série aliphatique se traduit par une exaltation importante E du pouvoir rotatoire magnétique de ce composé.

Nous avons pu par ailleurs mettre en évidence l'existence d'une relation linéaire entre cette quantité E et la somme des indices de valence libre $\sum I_r$ du système conjugué associé lorsque celui-ci ne renferme que des carbones éthyléniques ou que des carbones acétyléniques [2].

Ceci étant, il nous a paru intéressant d'étendre cette étude au cas des composés carbonylés dans lesquels une ou plusieurs liaisons C=O peuvent se conjuguer avec une ou plusieurs liaisons éthyléniques. Notre but est de rapporter ici les résultats obtenus dans le cas du propène-2 al et du butène-2 al. De manière à pouvoir comparer les résultats présentés ici à ceux que nous avons obtenus précédemment, il nous a été indispensable de calculer la structure électronique de ces deux composés avec des approximations identiques à celles que nous avons utilisées dans le cas, par exemple, des dérivés mono- et polyméthylés du butadiène-1.3 [3].

Les calculs ont été effectués dans l'approximation de la méthode des combinaisons linéaires des orbitales atomiques sans recouvrement. Nous avons utilisé comme intégrales coulombiennes pour les atomes de carbone ne portant ni groupement méthyle ni fonction carbonylée, la même valeur α. Pour les atomes de carbone et d'oxygène du groupement C=O, nous avons adopté respectivement $\alpha + 0{,}2\,\beta$ et $\alpha + 0{,}7\,\beta$ [4]. Nous avons par ailleurs choisi pour intégrales d'échange entre deux atomes de carbone non substitués : β pour la liaison « double » et $0{,}6\,\beta$ pour la liaison « simple ». $\beta_{C=O}$ a été pris égal à $1{,}1\,\beta$ [4]. Afin de rendre compte de l'effet perturbateur du groupement méthyle, plutôt que d'introduire le traitement classique connu sous le nom d'hyperconjugaison, nous avons préféré faire appel au procédé plus logique décrit [5] et utilisé [*cf.* par exemple [3], [6]] par Julg : celui-ci consiste d'une part à adopter pour valeur de l'intégrale coulombienne correspondant à l'atome substitué la quantité

$$\alpha_i = \alpha - 0{,}1\,\beta$$

et d'autre part, à modifier l'intégrale d'échange entre cet atome et son voisin immédiat en la multipliant par le facteur $(1 - 0{,}1/2)$.

En résumé, les paramètres que nous avons adoptés sont les suivants :



Le tableau I résume les résultats obtenus :

TABLEAU I.

	q_1.	q_2.	q_3.	q_4.	l_{12}.	l_{23}.	l_{34}.
$CH_2{=}CH-CH{=}O$ (1 2 3 4)	**0,938**	**1,008**	**0,800**	**1,254**	**0,953**	**0,296**	**0,926**
	I_1.	I_2.	I_3.	I_4.			
	0,779	**0,483**	**0,510**	**0,074**	$\sum I_r = 1,846$		
	Énergie de la première transition $N \to V$: **1,481** $\vert\beta\vert$.						
	q_1.	q_2.	q_3.	q_4.	l_{12}.	l_{23}.	l_{34}.
$CH_3-CH{=}CH-CH{=}O$ (1 2 3 4)	**0,876**	**1,057**	**0,802**	**1,266**	**0,944**	**0,315**	**0,919**
	I_1.	I_2.	I_3.	I_4.			
	0,788	**0,473**	**0,498**	**0,081**	$\sum I_r = 1,840$		
	Énergie de la première transition $N \to V$: **1,411** $\vert\beta\vert$.						

Interprétation. — 1° Nous pouvons tout d'abord remarquer que la structure électronique du propène-2 al ainsi calculée diffère bien entendu sensiblement de celle obtenue en 1946 par Coulson ([7]) qui adoptait les paramètres suivants : $\beta_{C=O} = 2\beta$ et $\alpha_O = \alpha + 2\beta$:

$$C \overset{0,920}{=\!=} C \overset{0,374}{-} C \overset{0,819}{=\!=} O$$

Par contre, un accord très satisfaisant s'établit entre notre détermination et celle tout récemment proposée par Bonnet et Cocordano (méthode des combinaisons linéaires des orbitales atomiques améliorée) ([8]), soit

$$C \overset{0,953}{=\!=} C \overset{0,287}{-} C \overset{0,939}{=\!=} O$$

2° Les indices de liaison l_{rs} des deux composés sont pratiquement identiques, ce qui justifie l'hypothèse que nous avons implicitement faite au début de ce calcul, à savoir que leur géométrie est directement comparable. $\sum I_r$ est ici encore pour sa part quasiment insensible aux substitutions méthylées [*cf.* ([3])].

3° Du point de vue spectral, nous pouvons rapprocher des valeurs de $E_{N\to V}$ rapportées dans le tableau I celle que nous avons obtenue pour le butadiène-1.3 ([3]), soit $1,460\,|\beta|$. Nous voyons alors que si le propénal est hypsochrome par rapport au butadiène, le buténal doit pour sa part avoir un λ_{max} d'absorption supérieur à celui du butadiène-1.3. Ces conclusions sont en bon accord avec les données de l'expérience; Evans et Gillam ([9]) pour le propène-2 al d'une part, Hausser et coll. ([10]) pour le butène-2 al d'autre part, indiquent les valeurs suivantes pour les λ_{max} d'absorption de ces deux composés :

$CH_2{=}CH-CH{=}O$, $\lambda_{max} = 210\ m\mu$,

$CH_3-CH{=}CH-CH{=}O$, $\lambda_{max} = 219\ m\mu$.

Or le butadiène-1.3 possède son λ_{max} d'absorption vers $217\ m\mu$ ([11]).

Structure électronique et effet Faraday. — Nous avons fait figurer dans le tableau II nos propres déterminations expérimentales (A) de la rotation magnétique moléculaire des deux composés étudiés [les valeurs entre parenthèses étant dues à de Mallemann ([12])], les valeurs théoriques (B) de cette rotation — évaluées à l'aide de la systématique de rotations magnétiques de liaisons de Gallais et coll. ([13]) — et enfin la différence positive E = (A) — (B) qui représente ce que nous appelons « l'effet de conjugaison » dû à la présence du système conjugué (C=C—C=O) dans la molécule.

TABLEAU II.

Molécule.	(A).	(B).	E (μr).
CH_2=CH—CH=O...........	343 (340)	298	+45
CH_3—CH=CH—CH=O......	403 (420)	360	+43

Si nous portons alors sur le graphique $E = f\left(\sum I_r\right)$ ([2]) les points représentatifs du propène-2 al et du butène-2 al, nous constatons qu'ils s'alignent bien avec ceux qui ont trait aux systèmes conjugués purement hydrocarbonés. En d'autres termes, *il semble que nous ayons pu étendre au cas des aldéhydes éthyléniques conjuguées la relation linéaire* $E = f\left(\sum I_r\right)$ *évoquée au début de cet article.*

(1) J.-F. LABARRE et F. GALLAIS, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1935.
(2) F. GALLAIS et J.-F. LABARRE, *J. Chim. Phys.*, 59, 1962, p. 299.
(3) A. JULG et J.-F. LABARRE, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 4001.
(4) A. JULG, Communication personnelle.
(5) A. JULG, *Cours de Chimie théorique*, C. P. R., Aix-en-Provence, 1re éd., 1959, p. 79.
(6) A. JULG et Mlle C. FOURNON, *J. Chim. Phys.*, 57, 1960, p. 597.
(7) C. A. COULSON, *Trans. Far. Soc.*, 42, 1946, p. 106.
(8) M. BONNET et M. COCORDANO, *Bull. Soc. Chim.*, 1962, p. 1705.
(9) L. K. EVANS et A. E. GILLAM, *J. Chem. Soc.*, 1943, p. 565.
(10) K. W. HAUSSER, R. KUHN, A. SMAKULA et G. HOFFER, *Z. Phys. Chem.*, B 29, 1935, p. 371.
(11) R. B. WOODWARD, *J. Amer. Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 1123; 64, 1942, p. 72 et 76.
(12) R. DE MALLEMANN, *Ann. Phys.*, 17, 1942, p. 360.
(13) F. GALLAIS et D. VOIGT, *Bull. Soc. Chim.*, 1960, p. 70; F. GALLAIS, D. VOIGT et J.-F. LABARRE, *Bull. Soc. Chim.*, 1960, p. 2157.

(Laboratoires de Chimie générale et minérale, 38, rue des Trente-Six-Ponts, Toulouse.)

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Étude des spectres d'absorption infrarouge des pyrovanadate, pyromolybdate et pyrotungstate de sodium renfermant le groupement* X_2O_7. Note de Mmes **Thérèse Dupuis** et **Micheline Viltange**, présentée par M. Jean Lecomte.

L'examen des spectres d'absorption infrarouge des pyrovanadate, pyromolybdate et pyrotungstate de sodium montre que ces trois composés possèdent la symétrie C_{2v} avec deux groupes —XO_3 reliés par un pont X—O—X.

1. La structure des pyrophosphate $Na_4P_2O_7$ (1), pyrosulfate $Na_2S_2O_7$ (2) et bichromate $K_2Cr_2O_7$ (3), étudiée depuis quelques années par absorption infrarouge, est maintenant bien connue. Au cours d'un travail antérieur [(4), (5)], nous avons été amenées à isoler des composés du même type avec le vanadium, le molybdène et le tungstène. Dans cette Note, nous examinons leurs spectres d'absorption infrarouge et les comparons à ceux des pyrophosphate, pyrosulfate et bichromate, afin de voir si leur structure est la même.

Pour l'interprétation des spectres infrarouges d'un composé du type X_2O_7, en admettant qu'il présente la symétrie C_{2v}, on considère en première approximation l'existence de trois parties : deux groupes pyramidaux —XO_3 et un pont du type X—O—X qui les relie. Les liaisons X—O, dans les groupements —XO_3, sont différentes des liaisons de la chaîne X—O—X. On constate que les fréquences de vibration des pyramides —XO_3 sont proches des modes de vibration bien connus des tétraèdres XO_4 correspondants; en effet, le remplacement d'un des atomes d'oxygène dans le tétraèdre XO_4 par l'ensemble —O—XO_3 provoque un déplacement relativement faible des bandes d'absorption de la liaison X—O.

Pour les phosphates, sulfates et chromates, la fréquence de valence symétrique ν_s de la liaison X—O reste toujours inférieure à la fréquence de valence antisymétrique ν_{as}. Pour les vanadates, molybdates et tungstates, au contraire, la fréquence ν_s lui est toujours supérieure.

2. Nous avons enregistré les spectres des pyrovanadate, pyromolybdate et pyrotungstate de sodium par la méthode des poudres, entre 6 et 30 μ, à l'aide de spectromètres à simple et double faisceaux, équipés de prismes en NaCl et CsBr. Les cuves ont été préparées, sans aucun liant, dans la région de 6 à 15 μ, et avec de la vaseline au-delà de 15 μ.

Pour l'interprétation de ces spectres, nous avons groupé sur le tableau ci-dessous les nombres d'onde des bandes relevées, ainsi que celles des pyrophosphate, pyrosulfate de sodium et du bichromate de potassium.

3. Vibrations fondamentales du pyrovanadate de sodium. — *a. Liaison* V—O—V. — Les vibrations ν_{as} et ν_s possèdent les mêmes nombres d'onde avec le pyrovanadate et le bichromate. On trouve la

vibration antisymétrique sous forme d'une bande double et intense à 765 et 780 cm⁻¹, et la vibration symétrique ν_s à 560 cm⁻¹.

	$P_2O_7^{4-}$.	$S_2O_7^{2-}$.	$Cr_2O_7^{2-}$.
ν_{as}—XO_3......	1150	1318	965
	1130	1280	930
	1120	1225	940
	–	1168	930
		1110	–
ν_s—XO_3 et ν'_s—XO_3...	1024	1070	927
	–	–	920
	–	–	–
	987	1010	897
	–	–	885
ν_{as}X—O—X...	927	870	800
	–	850	770
ν_sX—O—X....	717-34	734	560
δ_{as}—XO_3 et δ_s—XO_3...	567	618	–
	524	580	375
	493	–	–
	458	455	365
	426	431	–

	$V_2O_7^{4-}$.	$Mo_2O_7^{2-}$.	$W_2O_7^{2-}$.
ν_s—XO_3 et ν'_s—XO_3...	–	990	962 cm⁻¹
	950	950	950
	940	910	915
	922	880	885
	917	862	–
ν_{as}—XO_3......	895	–	–
	880		–
	860	825	832
	842	785	780
	830	–	–
ν_{as}X—O—X...	780	–	625
	765	600	575
ν_sX—O—X....	560	465	455
δ—XO_3........	464	–	–
	408		418
	390	360	360
	371	333	–
	350	315	–

b. Liaison V—O *des groupements* —VO_3. — Dans la région des vibrations de valence, nous avons comparé le spectre, d'une part à celui de VO_4^{3-}, et d'autre part à celui de $NaVO_3$ (4). La bande forte avec trois maximums pour 830, 60 et 80 cm⁻¹ de $V_2O_7^{4-}$ correspond à ν_{as} de VO_4^{3-} (823 cm⁻¹) et à ν_{as} de VO_3^- (838 cm⁻¹). La suite des bandes moyennes, allant de 917 à 950 cm⁻¹, est comparable aux bandes ν_s de VO_4^{3-} à 863 cm⁻¹ et ν_s de VO_3^- entre 888 et 961 cm⁻¹. La vibration symétrique présente deux groupes de bandes distinctes, comme dans le cas de $P_2O_7^{4-}$, $S_2O_7^{2-}$ et $Cr_2O_7^{2-}$. Bues et Gehrke (1) ont montré que les vibrations des deux pyramides —PO_3 de l'édifice $P_2O_7^{4-}$ se couplent; le dédoublement pour ν_s de —PO_3 apparaît plus grand que pour ν_{as}, car la fréquence ν_s est plus proche des fréquences des liaisons de la chaîne, sur laquelle a lieu le couplage. Dans le cas de $V_2O_7^{4-}$, le dédoublement des bandes se montre plus important pour ν_{as} que pour ν_s.

Dans la région des vibrations de déformation, on rencontre une série de bandes entre 350 et 464 cm⁻¹, comparables à celles de $NaVO_3$ (340, 370 et 470 cm⁻¹) et de Na_3VO_4, et correspondant aux vibrations de déformation δ_{as} et δ_s de —VO_3.

4. VIBRATIONS FONDAMENTALES DES PYROMOLYBDATE ET PYROTUNGSTATE DE SODIUM. — *a. Liaison* Mo—O—Mo *et* W—O—W. — Les atomes de molybdène et de tungstène étant plus lourds que ceux du vanadium, les bandes de vibration de la chaîne se déplacent vers les fréquences plus basses. Elles se placent, pour $Mo_2O_7^{2-}$ à 600 cm⁻¹ (ν_{as}) et 465 cm⁻¹ (ν_s), et pour $W_2O_7^{2-}$ à 575-625 cm⁻¹ (ν_{as}) et 455 cm⁻¹ (ν_s).

b. Liaison Mo—O *et* W—O *des groupements* —MoO_3 *et* —WO_3. — Par comparaison avec les fréquences des molybdates et des tungstates normaux et avec celles des oxydes MoO_3 et WO_3 ([1]), on voit que la vibration de valence ν_{as} de —XO_3 est située pour $Mo_2O_7^{2-}$ à 785 et 825 cm^{-1} et pour $W_2O_7^{2-}$ à 780 et 832 cm^{-1}. Ici encore, la vibration ν_s de fréquence supérieure à ν_{as} apparaît dédoublée. On la relève entre 862 et 990 cm^{-1} pour $Mo_2O_7^{2-}$ et entre 885 et 962 cm^{-1} pour $W_2O_7^{2-}$.

Les bandes de déformation de —MoO_3 et de —WO_3, à la limite de notre domaine spectral, sont situées à 315-333 et 360 cm^{-1} pour $Mo_2O_7^{2-}$ et à 360 et 418 cm^{-1} pour $W_2O_7^{2-}$.

En conclusion, l'examen des spectres d'absorption infrarouge de $Na_4V_2O_7$, $Na_2Mo_2O_7$ et $Na_2W_2O_7$ révèle une grande analogie avec ceux de $Na_4P_2O_7$, $Na_2S_2O_7$ et $K_2Cr_2O_7$. Ils présentent donc tous la symétrie C_{2v}, et leur structure peut être schématisée par l'assemblage O_3X—O—XO_3.

([1]) W. Bues et H. W. Gehrke, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 288, 1956, p. 291.

([2]) A. Simon et H. Wagner, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 311, 1961, p. 102; A. Truchot, *Diplôme d'Études supérieures*, Paris, 1961.

([3]) H. Stammreich, D. Bassi, O. Sala et H. Siebert, *Spectrochim. Acta*, 13, 1958, p. 192.

([4]) M. Viltange, *Ann. Chim.*, (5), 1960, p. 1037-1067.

([5]) T. Dupuis, *Mikrochim. Acta* (sous presse); M. Viltange, *Ibid.* (sous presse).

(*Laboratoire de Recherches microanalytiques, École Nationale Supérieure de Chimie, Paris.*)

LUMINESCENCE. — *Sur la relation entre la durée de vie et l'intensité de la fluorescence dans la région d'extinction thermique.* Note (*) de M. **Hugues Payen de la Garanderie**, présentée par M. Jean Lecomte.

Étude plus approfondie de l'un des complexes luminescents au manganèse, décrits dans des Notes précédentes, de manière à vérifier la loi de proportionnalité entre la durée de vie et le rendement lumineux. Quelques retouches sont apportées à la manière habituelle de démontrer cette loi.

Au-dessus d'une certaine température, l'intensité de la fluorescence d'une substance, excitée de manière constante par exemple par une lampe de Wood, diminue. Soit I (T) l'intensité lumineuse à la température T, on a la relation de Mott et Seitz :

$$I(T) = \frac{I_0}{1 + C e^{-\frac{W}{kT}}}, \tag{1}$$

I_0, C et W sont des constantes, k la constante de Boltzmann.

En même temps que la baisse du rendement lumineux, se produit une diminution de la durée de vie de la fluorescence. F. Perrin a montré que les deux phénomènes sont dus à l'apparition de transitions non radiatives, entrant en compétition avec les transitions radiatives. Si les deux types de transitions sont internes aux centres, le déclin suit une loi exponentielle simple, et la durée de vie τ (T), à la température T, reste proportionnelle à I (T); c'est la relation de F. Perrin :

$$\frac{I(T)}{I_0} = \frac{\tau(T)}{\tau_0}. \tag{2}$$

Nous avons constaté expérimentalement que ces deux lois étaient bien vérifiées par le sel complexe que donne une molécule de chlorure de manganèse avec deux molécules de chlorhydrate de pyridine $MnCl_4(C_5H_5NH)_2$, corps déjà décrit dans de précédentes publications, où l'on trouvera notamment sa méthode de préparation et son spectre d'émission de fluorescence [1]. Ce corps présente l'avantage d'avoir une durée de vie assez longue (10^{-3} s environ), permettant des mesures aisées et précises.

1. *Hypothèses conduisant aux relations* (1) *et* (2). — Comme dit plus haut, on admet que les transitions, radiatives ou non, s'effectuent à l'intérieur des centres luminogènes; on admet de plus que l'excitation amène les centres sur un seul type de niveau excité. Ces conditions assurent à la fois un déclin exponentiel et la validité de la relation de F. Perrin.

Pour aboutir à la relation de Mott et Seitz, il faut faire l'hypothèse supplémentaire d'une répartition de Boltzmann entre les niveaux de vibration des centres luminogènes, lorsque ceux-ci sont dans l'état excité.

Soit p_r la probabilité, par seconde et par centre, de retour à l'état fondamental par une transition radiative; soit de même p_{sr} la probabilité,

par seconde et par centre, de retour à l'état fondamental par une transition non radiative. Seuls les centres qui ont une énergie d'agitation thermique supérieure à W peuvent effectivement quitter leur niveau excité sans émission de radiation, de sorte que le nombre effectivement observé des transitions radiatives par seconde est proportionnel à p_r, et celui des transitions non radiatives à $p_{sr}\, e^{-W/kT}$. Nous obtenons ainsi, à la fois, les relations (1) et (2), bien qu'avec une notation légèrement différente des notations usuelles :

$$\text{(1)} \qquad \mathrm{I}(\mathrm{T}) :: \frac{p_r}{p_r + p_{sr}\, e^{-\frac{W}{kT}}},$$

$$\text{(2)} \qquad \tau(\mathrm{T}) = \frac{1}{p_r + p_{sr}\, e^{-\frac{W}{kT}}}.$$

La constante C de (1) vaut p_{sr}/p_r et la vie τ_0, extrapolée au zéro absolu, $1/p_r$.

2. *Résultats expérimentaux.* — A. Le déclin du complexe étudié suit une loi exponentielle simple. La figure 1 donne, à titre d'exemple, la courbe de déclin I (*t*) de l'intensité lumineuse I un temps *t* après la fin de l'excitation, pour la température de 63°C.

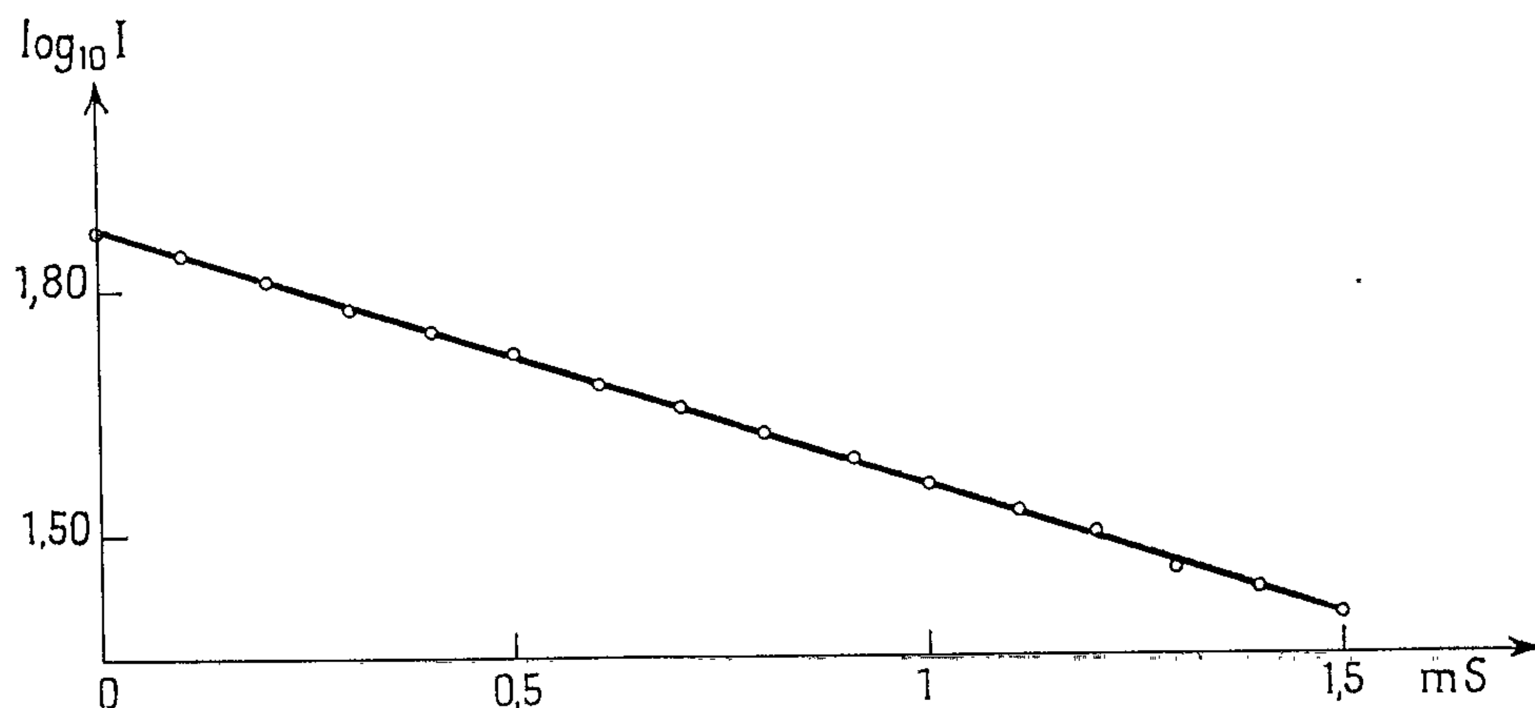


Fig. 1.

B. La figure 2 indique, sur un même graphique, l'intensité lumineuse I(T), sous excitation constante, en fonction de la température absolue T, et les variations τ (T) de la durée de vie.

On vérifie que le rapport I (T)/τ (T) reste constant dans tout l'intervalle de températures étudié.

Par contre, la loi de Mott et Seitz n'est valable qu'au-dessus de 70°C. Les valeurs des constantes sont :

$$W = 0{,}75\ \mathrm{eV}, \qquad C = \frac{p_{sr}}{p_r} = 4{,}5.10^{10},$$

$$\tau_0 = 1{,}60\ \mathrm{ms}, \qquad p_r = 625\ \mathrm{s}^{-1};$$

I (T) et τ (T) passent par un maximum à 65°C. Le complexe s'hydrate et devient déliquescent aux températures plus basses.

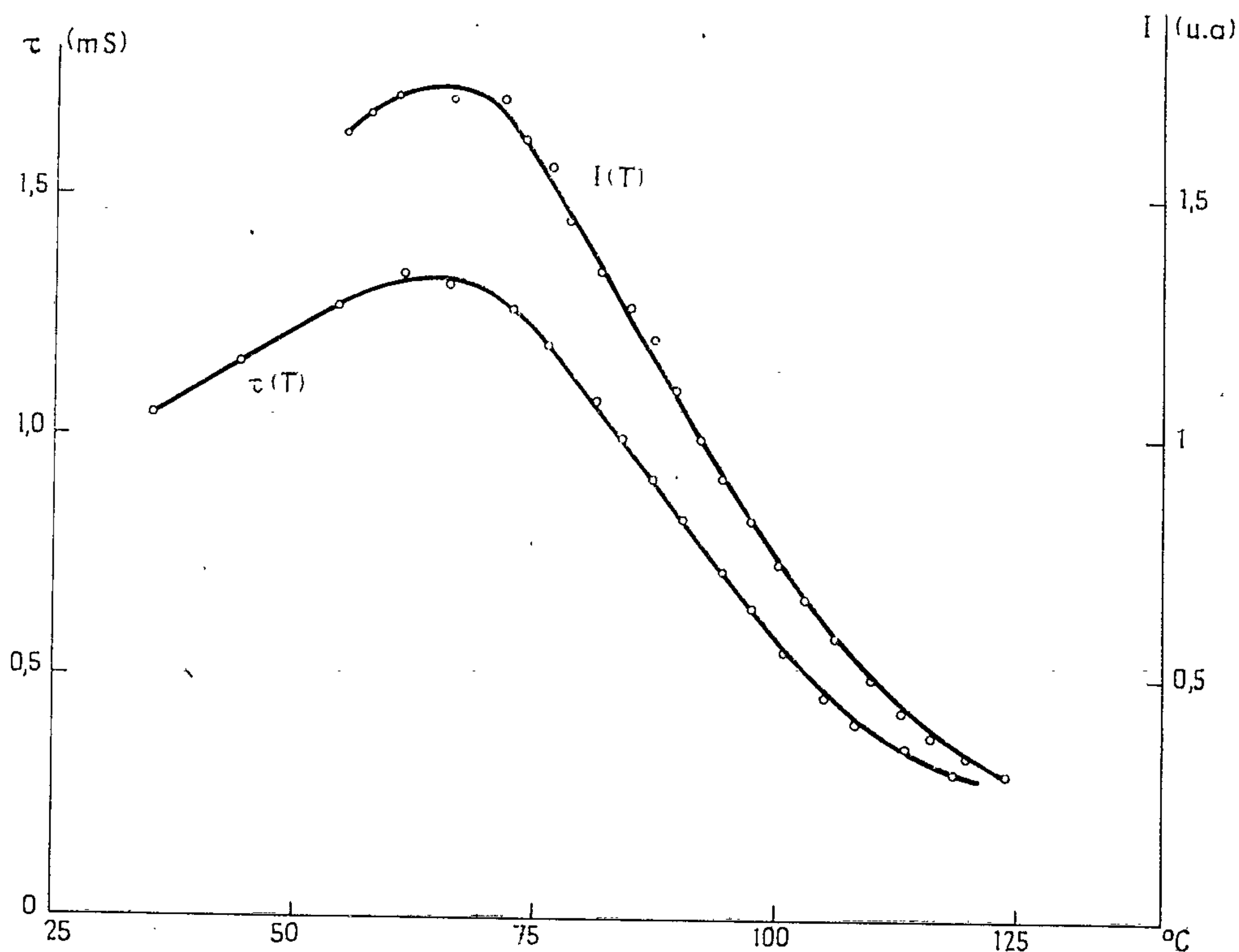


Fig. 2.

3. *Indications sur les appareils utilisés.* — Pour mesurer les durées de vie, on a utilisé un générateur Amyot, fournissant des éclairs courts (10^{-7} s) devant la durée du déclin; ces éclairs obtenus dans une atmosphère de krypton + hydrogène sont très lumineux. Le déclin de la fluorescence était suivi au moyen d'un photomultiplicateur Dario 53 AVP, débitant sur un oscillographe Ribet-Desjardins, muni d'un balayage déclenché et d'un marqueur de temps. On photographiait la courbe obtenue sur l'écran. L'intensité de luminescence sous excitation était étudiée au moyen du dispositif déjà décrit précédemment [1].

(*) Séance du 29 octobre 1962.

[1] S. Schlivitch, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2047; K. Nikolitch, H. Payen de la Garanderie et S. Schlivitch, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 4143; H. Payen de la Garanderie, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2739.

(*Laboratoire de Luminescence, Faculté des Sciences, Paris.*)

PHYSIQUE DES SOLIDES. — *Arrêt de la croissance des cristaux dans les ferrites polycristallins en fonction de leur porosité.* Note (*) de M. **Max Paulus**, transmise par M. Louis Néel.

On détermine le diamètre limite de la médiane des diamètres de cristaux, dans les agrégats polycristallins de ferrite de Mn-Zn et de Ni-Zn, en fonction de leur porosité. On montre, d'autre part, que le diamètre limite d'apparition des pores dans les cristaux est plus petit pour les ferrites de Ni-Zn que pour les ferrites de Mn-Zn.

Dans un travail précédent [(1), (2)], nous avons montré que la vitesse de croissance des cristaux de ferrite doit être sensiblement la même pour tous les ferrites à structures de spinelle, quelle que soit leur composition, mais dépend du caractère réducteur ou oxydant de l'atmosphère de frittage. Ces conclusions ne sont valables que si la migration des joints n'est pas freinée ou bloquée par des pores ou des inclusions.

Dans la première partie du frittage, on peut admettre que tous les pores sont répartis aux joints des cristaux. Dans ces conditions, le diamètre limite $(\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}})$ que peut atteindre la médiane $(\bar{\bar{d}}_3)$ des diamètres de cristaux est donné par la relation (3)

$$\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}} = \frac{2,84\,r}{10^{(0,3\sigma_3+0,029\sigma_3)^2}} \sqrt{\frac{\sigma_3 d_x}{d_x - d}};$$

d, densité expérimentale; d_x, densité théorique; r, rayon des pores; σ_3, écart quadratique moyen des diamètres de cristaux.

Les diamètres de cristaux considérés sont uniquement les diamètres spatiaux.

Les deux groupes ferrites que nous avons étudiés expérimentalement ont été préparés par frittage, à différentes températures 1 125°C $\leqq \theta \leqq$ 1 425°C, pendant un temps variant de 1 à 30 h. Les mélanges d'oxydes de base 52,5 Fe_2O_3, 28,3 MnO, 19,2 ZnO et 49,5 Fe_2O_3, 15,5 NiO, 35,5 ZnO (en molécules %) ont été matricés sous une pression de 5 t/cm². L'atmosphère de frittage est légèrement oxydante pour les ferrites du Mn-Zn et de l'oxygène pur pour les ferrites de Ni-Zn, quelles que soient les conditions de traitement thermique.

Pour calculer la valeur limite que peut atteindre la médiane des diamètres de cristaux de ferrites de Mn-Zn et de Ni-Zn, nous supposons les valeurs moyennes de (r) et de (σ_3) constantes. En effet, (r) varie peu dans l'intervalle de diamètres de cristaux qui nous intéresse, et (σ_3) doit être pris égal à l'écart quadratique moyen limite $(\sigma_{3\,\text{lim}})$ atteint par l'agrégat polycristallin quand la croissance de ses cristaux est entièrement bloquée par les pores. Les calculs de $(\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}})$ ont été effectués avec les valeurs expérimentales suivantes :

Ferrite de Mn-Zn : $r \simeq 2{,}4\ \mu$; $\sigma_3 \simeq 1{,}10$ dB; $d_x = 5{,}07$ g/cm³;
Ferrite de Ni-Zn : $r \simeq 1{,}2\ \mu$; $\sigma_3 \simeq 1{,}10$ dB; $d_x = 5{,}3$ g/cm³.

La densité (d) est une fonction de la médiane des diamètres de cristaux $(\bar{\bar{d}}_3)$, représentée sur la figure 1 pour les ferrites de Mn-Zn et sur la figure 2 pour les ferrites de Ni-Zn. Nous avons porté, sur ces mêmes figures, les valeurs limites $(\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}})$ que peut atteindre la médiane, calculées pour les différentes densités du ferrite (courbes en traits mixtes). Tant que $(\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}})$ est supérieur, pour une densité donnée, au diamètre $(\bar{\bar{d}}_3)$ effectivement mesuré dans l'agrégat polycristallin, la croissance des cristaux continue. Lorsque $\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}} = \bar{\bar{d}}_3$, la croissance des cristaux est bloquée par les pores.

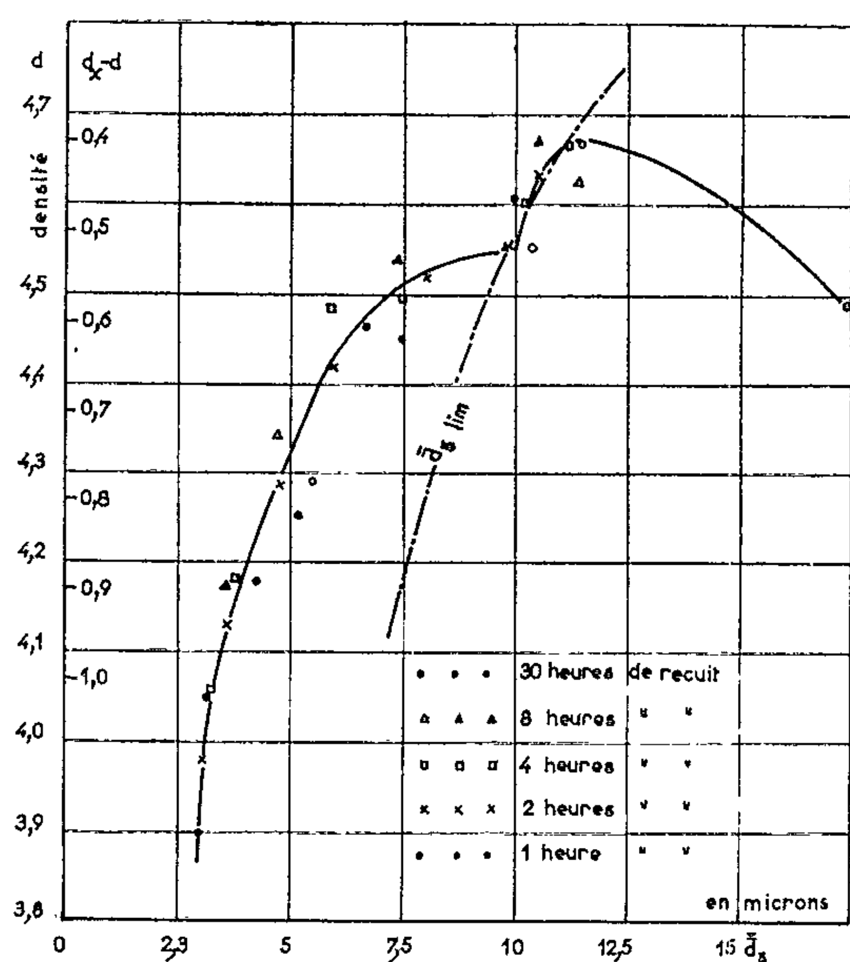


Fig. 1.

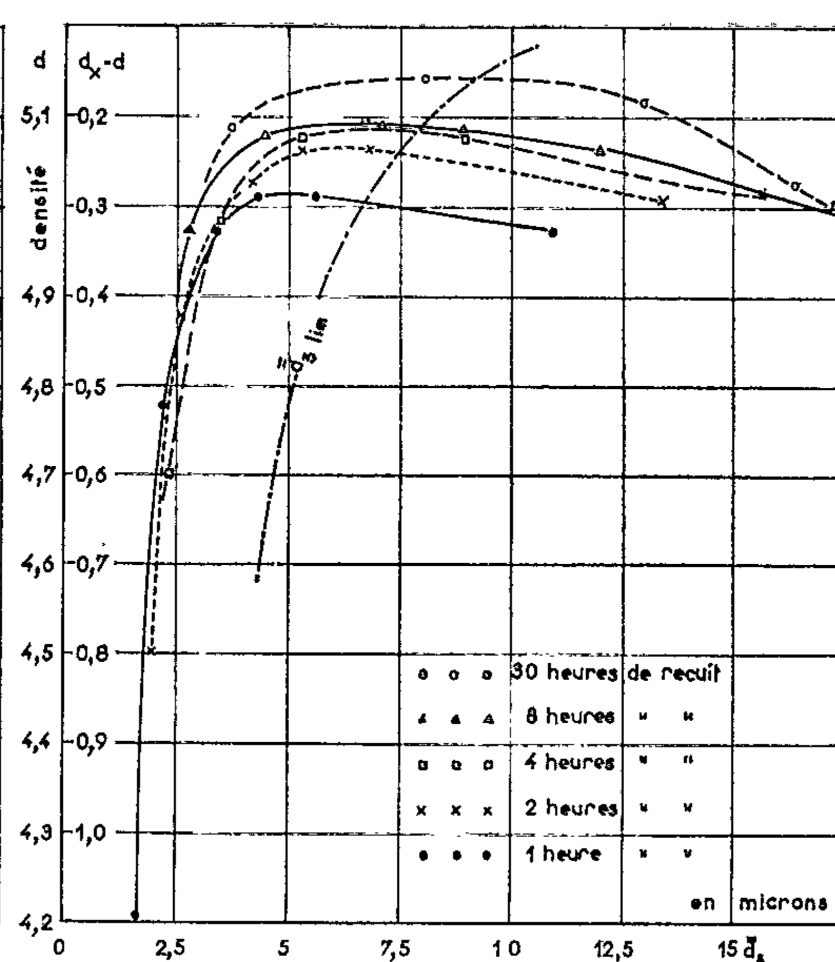


Fig. 2.

Fig. 1. — Ferrite de Mn-Zn.
Densité en fonction de la médiane $(\bar{\bar{d}}_3)$ des diamètres de cristaux.
Fig. 2. — Ferrite de Ni-Zn.
Densité en fonction de la médiane $(\bar{\bar{d}}_3)$ des diamètres de cristaux.

Pour les ferrites de Mn-Zn : $\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}} = \bar{\bar{d}}_3 \simeq 10$ à $11\ \mu$; pour les ferrites de Ni-Zn : $6{,}7 \leq \bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}} = \bar{\bar{d}}_3 \leq 9{,}2\ \mu$, selon le temps de recuit. La valeur de $\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}} \simeq 10$ à $11\ \mu$ pour les ferrites de Mn-Zn, correspond au palier de croissance déjà observé [(1), (2)].

La croissance des cristaux peut reprendre quand, à densité et à diamètre de cristaux presque constants, il y a coalescence des pores avec une légère augmentation de (r) et, par suite, de $(\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}})$. En effet, dans certains cas, les joints qui avaient drainé les pores jusqu'au diamètre limite $(\bar{\bar{d}}_{3\,\text{lim}})$

se décrochent en laissant une partie des pores dans les cristaux. Puisque les pores ne participent plus tous au blocage des joints, l'équation ci-dessus n'est plus valable, et la croissance des cristaux recommence. Le déplacement d'un pore a lieu surtout par diffusion superficielle; quand le diamètre du pore est trop grand, la vitesse de diffusion est insuffisante pour lui permettre de suivre le joint et il reste (du moins en partie) dans le cristal.

Dans le ferrite de Mn-Zn, le décrochage des joints ne s'observe que pour des temps de frittage longs et à haute température [(1), (2)].

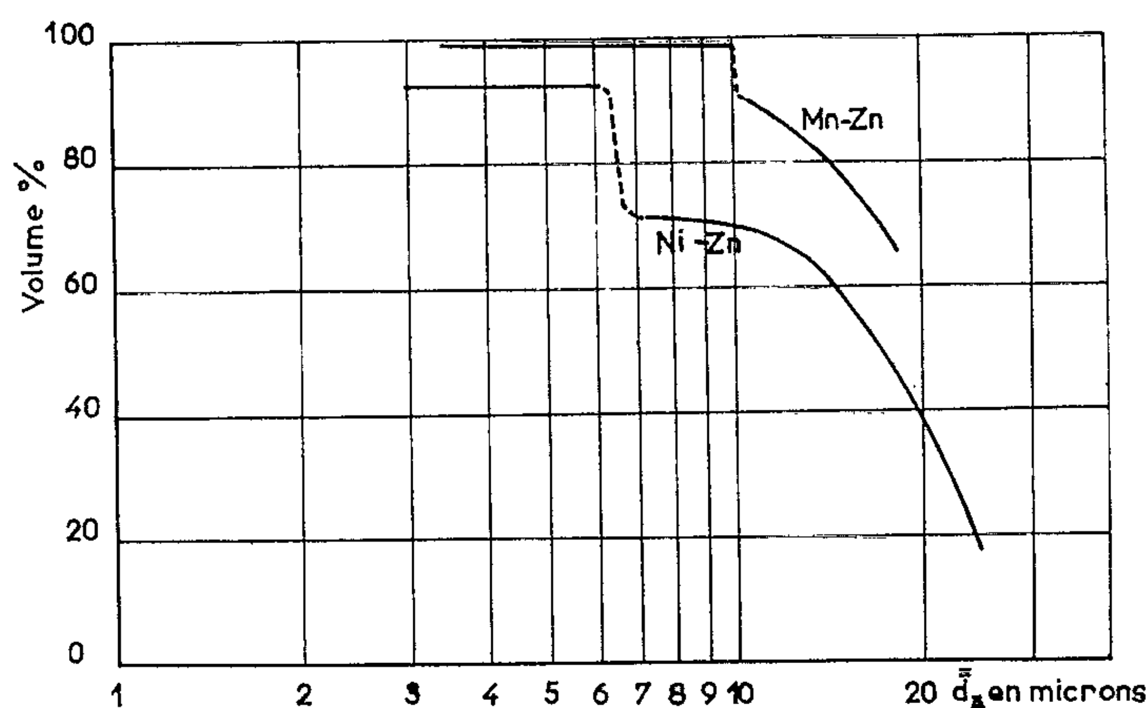


Fig. 3. — Volume relatif de l'ensemble des cristaux sans pores en fonction de $(\bar{\bar{d}}_3)$.

Pour le ferrite de Ni-Zn, on n'observe pas d'anomalies dans la variation de la médiane $(\bar{\bar{d}}_3)$ [(1), (2)], pour les valeurs calculées de $(\bar{\bar{d}}_{3\,\mathrm{lim}})$. Le décrochage des joints avec croissance libre des cristaux se produit avant que $(\bar{\bar{d}}_3)$ ait atteint $(\bar{\bar{d}}_{3\,\mathrm{lim}})$. La figure 3 met bien en évidence, pour le ferrite de Ni-Zn la brusque diminution du volume de l'ensemble des cristaux sans pores pour une valeur de la médiane inférieure à celle calculée pour $(\bar{\bar{d}}_{3\,\mathrm{lim}})$, alors que pour le ferrite de Mn-Zn les deux valeurs sont identiques. Ce phénomène est bien mis en évidence par l'étude de la variation de l'écart quadratique moyen des diamètres de cristaux qui fera l'objet d'une prochaine publication.

Le décrochage des joints ayant lieu pour un plus petit diamètre des pores dans les ferrites de Ni-Zn que dans les ferrites de Mn-Zn, il faut admettre que la diffusion superficielle dans ces derniers, est plus rapide que dans les ferrites de Ni-Zn.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

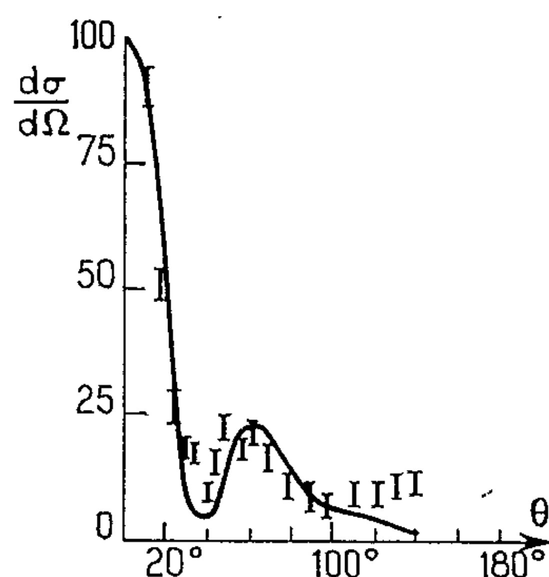
(1) M. Paulus, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 871.
(2) M. Paulus, *Physica Status Solidi*, 2, 1962, p. 1181-1194.
(3) M. Paulus, *Physica Status Solidi*, 2, 1962, p. 1325-1341.

(*Laboratoire de Magnétisme et de Physique du Solide, C. N. R. S., Bellevue, Seine-et-Oise.*)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Résultat de calculs de distribution angulaire sans ondes distordues sur le silicium* 29. Note (*) de MM. **Edgard Elbaz** et **Joseph Lafoucrière**, présentée par M. Francis Perrin.

Un calcul des distributions angulaires de « stripping » est fait n'utilisant pas des ondes distordues mais une interaction complémentaire du proton émergent avec le noyau résiduel. L'application au silicium 29, recoupe assez bien les résultats expérimentaux de Sukhrevskii.

Pour éviter d'employer la méthode des ondes distordues dans le calcul des distributions angulaires de « stripping » nous avons ajouté une interaction complémentaire du proton émergent avec le noyau résiduel. Nous avons ensuite pensé à appliquer cette hypothèse à un cas optimal, celui où le noyau cible comporte un cœur plus une particule extérieure tels que ^{17}O et ^{29}Si. Ce choix semble confirmé par le fait que la réaction $^{28}Si\,(d, p)\,^{29}Si$ ne présente pas de remontée vers l'arrière dans la distribution angulaire (il n'existe donc pas d'interaction complémentaire), tandis que dans ^{29}Si le neutron extérieur donne une interaction complémentaire non négligeable et une remontée importante dans la courbe $\sigma(\theta)$, et dans ^{30}Si la remontée est encore plus forte que dans ^{29}Si puisqu'il existe deux neutrons extérieurs. Les résultats expérimentaux sont donnés par Kuehner (1) et Sukharevstkii (2).



Nous avons fait entièrement les calculs des distributions angulaires de « stripping » du neutron en tenant compte du spin des particules, et avons appliqué les résultats obtenus à $^{29}Si\,(d, p)\,^{30}Si$ à 4,3 MeV.

L'amplitude de transition de « stripping » est donnée d'une façon classique par

$$I=\int \psi_p^{*}(\vec{k}_p s_p \vec{r}_p)\,\chi^{*}_{I_B M_B}(\xi \vec{r}_N \vec{r}_{N_1} s_n s_{n_1})\,(V_{np}+V_{n_1 p})\,\psi_d(\vec{k}_d \vec{r}_p \vec{r}_N s_p s_n)\,\chi_{I_A M_A}(\xi \vec{r}_{N_1} s_{n_1})\,d\tau.$$

Décomposons les fonctions d'onde des noyaux A et B, $\chi_{I_B M_B}$ et $\chi_{I_A M_A}$ avec la fonction du cœur et celle de la particule extérieure et de la particule capturée, puis intégrons sur les variables internes en introduisant une largeur réduite $\Theta_{I_c j j_1}$. Nous prendrons pour ψ_p et ψ_d des ondes planes,

ce qui donne

$$(1)\qquad (\mathrm{I}\,\mu_p\mu_d\mathrm{M_B M_A}) = \sum_{d m_n m_1 \mu \mu_n} (-1)^{l_n - \mathrm{I_A} - j - 1 + \mathrm{M_B} + \mu + \mu_d + \mathrm{M_A} - m_1}$$
$$\times \sqrt{3}\,\hat{d}^2 \hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{B}} \hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{A}}^2 \hat{j}\,\Theta^{\star}_{0\mathrm{I_A}j}\,\mathrm{B}_{l_n m_n l_1 m_1} \begin{Bmatrix} \mathrm{I_A} & \mathrm{I_A} & d \\ l_1 & l_1 & \frac{1}{2} \end{Bmatrix}$$
$$\times \begin{pmatrix} \mathrm{I_A} & \mathrm{I_A} & d \\ \mathrm{M_A} & -\mathrm{M_A} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathrm{I_A} & j & \mathrm{I_B} \\ \mathrm{M_A} & \mu & -\mathrm{M_B} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_n & \frac{1}{2} & j \\ m_n & \mu_n & -\mu \end{pmatrix}$$
$$\times \begin{pmatrix} l_1 & l_1 & d \\ m_1 & -m_1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 1 \\ \mu_p & \mu_n & -\mu_d \end{pmatrix}.$$

Nous rappelons que le schéma de la réaction est le suivant :

$$d \quad + \quad \mathrm{A} \left\{ \begin{array}{l} \vec{\mathrm{I}}_{\mathrm{A}} = \vec{\mathrm{I}}_{\mathrm{C}} + \vec{j}_1 \\ \vec{j}_1 = \vec{l}_1 + \vec{\frac{1}{2}} \end{array} \right. = \mathrm{B} \left\{ \begin{array}{l} \vec{\mathrm{I}}_{\mathrm{B}} = \vec{\mathrm{I}}_{\mathrm{A}} + \vec{j} \\ \vec{j} = \vec{l}_n + \vec{\frac{1}{2}} \end{array} \right. + p.$$

Nous avons posé dans ce calcul :

$$\mathrm{B}_{l_n m_n l_1 m_1} = \int u^{\star}_{l_n m_n}(\vec{r}_{\mathrm{N}})\, u^{\star}_{l_1 m_1}(\vec{r}_{\mathrm{N}_1})\, u_{l_1 m_1}(\vec{r}_{\mathrm{N}_1})$$
$$\times (\mathrm{V}_{np} + \mathrm{V}_{n_1 p})\, \varphi_d(|\vec{r}_p - \vec{r}_{\mathrm{N}}|)\, e^{i\frac{\vec{k}_d}{2}\vec{r}_{\mathrm{N}}}\, e^{i\left(\frac{\vec{k}_d}{2} - \vec{k}_p\right)\vec{r}_p}\, d\tau.$$

On calculera ensuite $\sigma(\theta)$ en prenant le module au carré de I et en sommant sur les moments magnétiques

$$\sigma(\theta) = \frac{v_p}{v_d} \sum_{\mu_p \mu_d \mathrm{M_B M_A}} |\mathrm{I}(\mu_p \mu_d \mathrm{M_B M_A})|^2.$$

Nous obtenons alors

$$(2)\qquad \sigma(\theta) = \frac{1}{6}\frac{v_p}{v_d} \hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{B}}^2 \hat{\mathrm{I}}_{\mathrm{A}}^2 \hat{j}^2 \Theta^2_{0\mathrm{I_A}j} \sum_{\substack{d,\,d',\,d'' \\ m_1,\,m'_1,\,m_n}} (-)^{j + \frac{1}{2} + m_1 + m'_1 + m_n} \hat{d}^2 \hat{d}'^2 \hat{d}''^2 \mathrm{B}_{l_n m_n l_1 m_1} \mathrm{B}^{\star}_{l_n m_n l_1 m'_1}$$
$$\times \begin{Bmatrix} \mathrm{I_A} & \mathrm{I_A} & d \\ l_1 & l_1 & \frac{1}{2} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \mathrm{I_A} & \mathrm{I_A} & d' \\ l_1 & l_1 & \frac{1}{2} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \mathrm{I_A} & \mathrm{I_A} & d'' \\ j & j & \mathrm{I_B} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} l_n & l_n & d'' \\ j & j & \frac{1}{2} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} d & d' & d'' \\ \mathrm{I_A} & \mathrm{I_A} & \mathrm{I_A} \end{Bmatrix}$$
$$\times \begin{pmatrix} d & d' & d'' \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_1 & l_1 & d \\ m_1 & -m_1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_1 & l_1 & d' \\ m'_1 & -m'_1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_n & l_n & d'' \\ m_n & -m_n & 0 \end{pmatrix}.$$

Dans chaque cas particulier de réaction il faudra expliciter $\mathrm{B}_{l_n m_n l_1 m_1}$. Les valeurs de l_n et l_i pourront rapidement être trouvées en utilisant la théorie simple de Butler et pour ce faire les tables de Lubitz ([3]). Il faudra ensuite déterminer le moment total du niveau sur lequel est capturé le neutron et appliquer alors la formule (2) pour calculer les termes rectangles et complémentaires et essayer de retrouver les remontées des courbes $\sigma(\theta)$.

Nous utiliserons une interaction de portée nulle pour V_{np} et V_{n_1p} :

$$V_{np} = V_0\,\delta\left(\left|\vec{r}_p - \vec{r}_N\right|\right), \qquad V_{n_1p} = V_0\,\delta\left(\left|\vec{r}_p - \vec{r}_{N_1}\right|\right)$$

et pour fonction d'onde des neutrons extérieurs et capturés des fonctions de Hankel sphériques normées sur la surface extérieure.

Nous obtenons les résultats généraux suivants :

$$\sigma_D = |U_{l_1}|^2 . |T_{l_n}|^2,$$

$$\sigma_R = 8\pi(-)^{I_B}\hat{I}_A^2\hat{j}^2\hat{l}_1^2 U_{l_1} T_{l_n} \mathcal{V}_{l_n}^* \mathrm{Re}\sum_d (-)^d i^{-d}\hat{d}^2 P_d(\cos\theta_\chi)\, S_{l_n d}\left(\Omega_\xi \Omega_{\frac{k_d}{2}}\right) W_{dl_1}^*$$
$$\times \begin{Bmatrix} I_A & I_A & d \\ l_1 & l_1 & \frac{1}{2} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} I_A & I_A & d \\ j & j & I_B \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} l_n & l_n & d \\ j & j & \frac{1}{2} \end{Bmatrix} \begin{pmatrix} l_1 & l_1 & d \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

$$\sigma_C = \hat{j}^2\hat{I}_A^4\hat{l}_1^4\hat{l}_n^2(-)^{I_A+I_B+\frac{1}{2}}|\mathcal{V}_{l_n}|^2 \sum_{d,\,d',\,d''} i^{d-d'}\hat{d}^2\hat{d}'^2\hat{d}''^2$$
$$\times W_{dl_1} W_{d'l_1}^* P_d(\cos\theta_\chi)\, P_{d'}(\cos\theta_\chi)\, P_{d''}\left(\cos\theta_{\frac{k_d}{2}}\right)$$
$$\times \begin{pmatrix} l_1 & l_1 & d \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_1 & l_1 & d' \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} l_n & l_n & d'' \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} d & d' & d'' \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} I_A & I_A & d \\ l_1 & l_1 & \frac{1}{2} \end{Bmatrix}$$
$$\times \begin{Bmatrix} I_A & I_A & d' \\ l_1 & l_1 & \frac{1}{2} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} I_A & I_A & d'' \\ j & j & I_B \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} d & d' & d'' \\ I_A & I_A & I_A \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} l_n & l_n & d'' \\ j & j & \frac{1}{2} \end{Bmatrix};$$

$$\vec{\xi} = \vec{k}_d - \vec{k}_p, \qquad \text{avec} \quad \vec{\chi} = \frac{\vec{k}_d}{2} - \vec{k}_p;$$

$$U_{l_1} = \int_{R_0}^{\infty} u_{l_1}^*(K_n^B r_{N_1})\, u_{l_1}(K_n^A r_{N_1})\, r_{N_1}^2\, dr_{N_1},$$

$$T_{l_n} = \int_{R_0}^{\infty} u_{l_n}^*(K_B r_N)\, j_{l_n}(\xi r_N)\, r_N^2\, dr_N,$$

$$\mathcal{V}_{l_n} = \int_{R_0}^{\infty} u_{l_n}^*(K_B r_N)\, j_{l_n}\left(\frac{k_d}{2} r_N\right) r_N^2\, dr_N,$$

$$W_{dl_1} = \int_{R_0}^{\infty} u_{l_1}^*(K_n^B r_{N_1})\, u_{l_1}(K_n^A r_{N_1})\, j_d(\chi r_{N_1})\, r_{N_1}^2\, dr_{N_1}.$$

Pour la réaction ^{29}Si (d, p) ^{30}Si le calcul se simplifie du fait que $l_n = 0$ et $l_1 = 0$, ce qui entraîne

$$\sigma_D = V_0^2 T_0^2, \qquad \sigma_R = 2\, V_0 T_0 \mathcal{V}_0 W_{00}, \qquad \sigma_C = \mathcal{V}_0^2 W_{00}^2$$

et

$$\sigma_T = \sigma_D + \mu\sigma_R + \mu^2\sigma_C.$$

A 4,3 MeV pour l'état fondamental nous avons obtenu le résultat représenté sur la figure 1 avec un rayon $R_0 = 5{,}8 . 10^{-13}$ cm et un coefficient $\mu = 3{,}75$.

(*) Séance du 22 octobre 1962.

(1) KUEHNER et BROMLEY, *Nuclear Physics*, 21, 1960, p. 555.

(2) SUKHKEVSKII, *J. E. T. P.*, 36, 1959, p. 37.

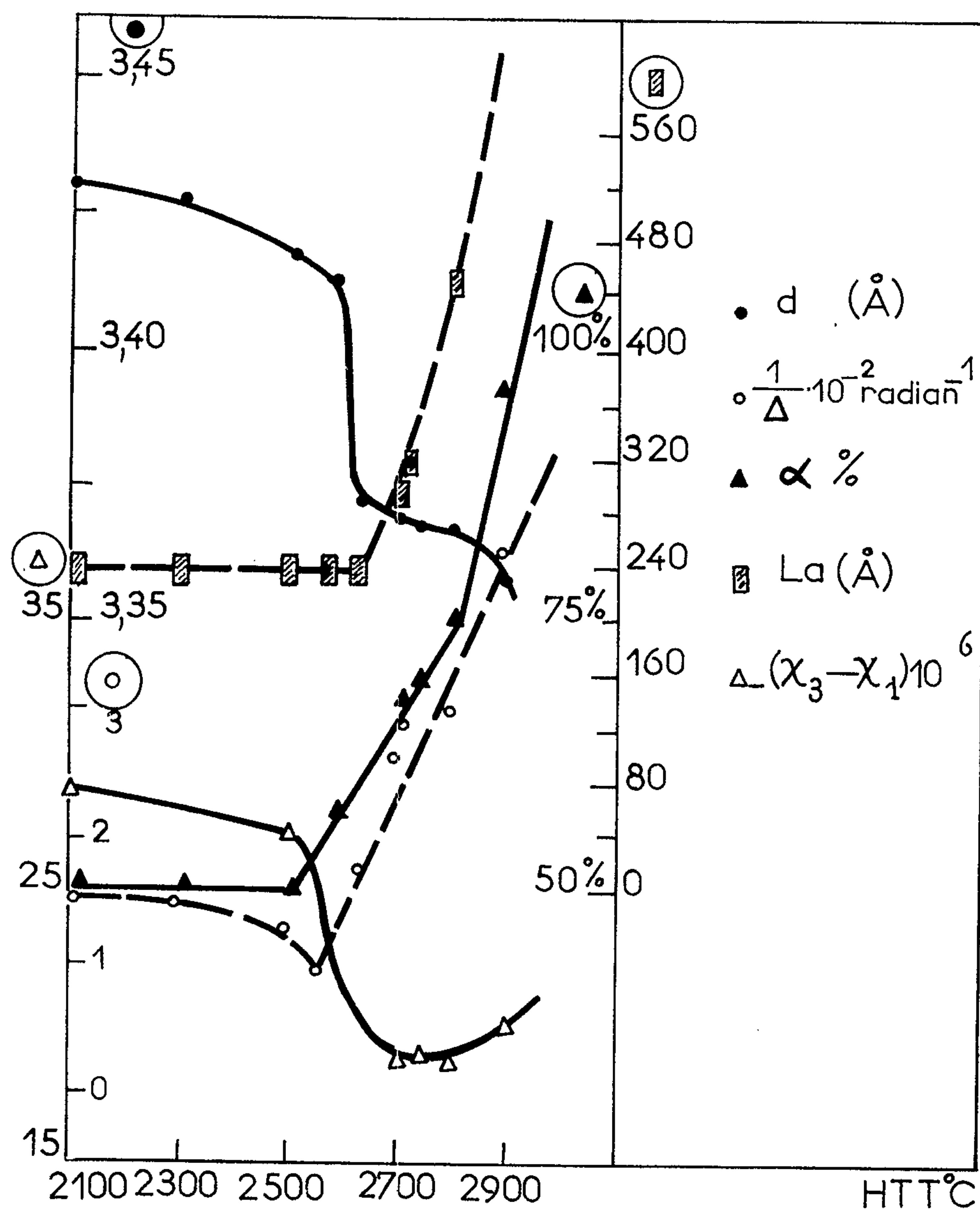
(3) LUBITZ, *Tables of stripping cross-sections*, Rapport AECU 3990.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Évolution des paramètres cristallins d'un pyrocarbone en fonction du traitement thermique.* Note (*) de Mme **Élisabeth Poquet**, MM. **Lucien Espagno**, **Robert Gay** et **Henri Gasparoux**, présentée par M. Paul Pascal.

Le pyrocarbone est un matériau polycristallin compact, anisotrope, dont les caractéristiques sont d'un grand intérêt pour l'interprétation des propriétés de l'ensemble des carbones à structure graphitique. Les cristallites qui le composent sont constitués de plans graphitiques parallèles, sensiblement équidistants mais turbostratiques, et sont disposés en majorité parallèlement à la surface de dépôt [(1), (2)]. Dans le cadre d'une étude des variations des propriétés électroniques du pyrocarbone, en particulier de sa susceptibilité magnétique, en fonction du traitement thermique, on a observé l'évolution des paramètres de texture et de structure d'un pyrocarbone en plaque de la Société « Le Carbone-Lorraine » déposé à 2100°C. Les échantillons, de densité voisine de 2,2, ont été recuits en atmosphère inerte dans un four à résistance de graphite pendant 3 h, à des températures de traitement, dénommées HTT, variant entre 2100 et 2 900°C.

Les paramètres étudiés sont $\overline{L}_a$, Δ, d_{002}, $\alpha_{12°}$: $\overline{L}_a$, diamètre moyen des cristallites a été déduit du profil de la bande (10) par la méthode de Warren (3) modifiée par Maire et Méring. La largeur à mi-hauteur des raies (002), Δ, est liée à l'inverse $1/\overline{L}_c$ de l'épaisseur moyenne des cristallites (formule de Scherrer); la méthode de Houska et Warren (4) ou celle de Maire et Méring (5) qui permet de déterminer $\overline{L}_c$ à partir du profil des raies (00 l) n'a pas été utilisée dans le présent travail, la dissymétrie des raies (002) étant trop accusée pour que ces méthodes s'appliquent correctement; seule la variation de $1/\Delta$ en fonction de HTT a été examinée. On a représenté le degré d'orientation préférentielle du pyrocarbone par le paramètre $\alpha_{12°}$ défini comme le nombre de cristallites dont l'angle avec le plan de dépôt est inférieur à 12°, valeur assez représentative de l'organisation des cristallites dans les échantillons étudiés. La technique de mesure du paramètre est dérivée des méthodes classiques de détermination de texture à l'aide des figures de pôles; on utilise un diffractomètre à compteur et des échantillons cylindriques dont l'axe est parallèle au plan de dépôt, ou plan de référence, placés verticalement au centre du goniomètre où ils peuvent tourner sur eux-mêmes à vitesse constante, indépendamment du compteur. L'enregistrement de l'intensité de la raie (002) en fonction de l'angle θ du plan de référence avec la bissectrice des faisceaux incident et réfléchi fournit des courbes en cloche, F (θ), qui atteignent leur valeur maximale pour $\theta = 0$, à partir desquelles on peut évaluer le

degré d'orientation préférentielle. L'expérience a montré que la texture des échantillons est de révolution autour d'un axe perpendiculaire au plan de référence [l'existence de cet axe est confirmée par les mesures d'anisotropie magnétique ([6])], la répartition des cristallites dans toute la plaque est donc représentée par la courbe F (θ) enregistrée pour une section donnée



normale à ce plan. Le paramètre α s'évalue comme le rapport de $S_1 = \int_{-12^\circ}^{+12^\circ} F\, d\theta$ à $S = \int_{-90^\circ}^{90^\circ} F\, d\theta$.

Les diagrammes de diffraction nécessaires à la mesure de d_{002}, Δ et $\overline{L}_a$ ont été obtenus ([8]) par réflexion d'un faisceau divergent de rayons X sur des plaques de dimensions 10 × 10 × 0,7 mm à l'aide d'un diffractomètre Secasi à compteur scintillateur. Pour la mesure du paramètre α ([9]) on a

employé un diffractomètre CGR muni d'un monochromateur et d'un compteur proportionnel. Dans le montage en transmission utilisé, les échantillons de forme prismatique de dimensions 14 × 0,7 × 0,7 mm sont entièrement baignés dans le faisceau incident convergent. La forme des courbes F (θ) n'est pas modifiée de façon appréciable lorsqu'on remplace un cylindre par un prisme à base carrée.

La figure représente les variations des paramètres cristallins en fonction de HTT comparées à la variation de l'anisotropie $-(\chi_3 - \chi_1) \cdot 10^6$ des mêmes échantillons ([6]). L'examen des courbes obtenues met en évidence trois domaines de température où l'allure des phénomènes diffère notablement : 2100-2 570° (I); 2 570-2 630° (II); 2 630-2 800° (III). Dans le domaine I on observe une diminution lente de $1/\Delta$ et de d_{002}, les variables $\bar{L}_a$ et α restant stationnaires; dans le domaine II un abaissement brutal de d_{002} (accompagné d'une diminution très rapide du diamagnétisme); dans le domaine III (qui est celui du minimum du diamagnétisme) d_{002} et α varient peu, par contre $1/\Delta$ et L_a croissent très fortement et l'on note sur les bandes (10) à partir de 2 630°C l'apparition de la modulation (101) caractéristique de l'arrangement tripériodique du réseau graphitique. Enfin, à 2 900° le pyrocarbone retraité présente des caractéristiques proches de celles du graphite et la désorientation des cristallites est extrêmement faible. Une étude détaillée des corrélations entre la structure cristalline et le diamagnétisme du pyrocarbone étudié sera publiée par ailleurs ([7]).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

([1]) A. R. G. Brown et W. Watt, *Ind. Carbon and Graphite Papers Conf.*, London, 1957, p. 86-100.

([2]) O. J. Guentert, *J. Chem. Phys.*, 17, 1962, p. 884.

([3]) B. E. Warren, *Phys. Rev.*, 9, 1941, p. 693.

([4]) C. R. Houska et B. E. Warren, *J. Appl. Phys.*, 25, 1954, p. 1503.

([5]) J. Maire et J. Méring, *Proceedings of the 4th Conference on Carbon*, Buffalo, 1959.

([6]) A. Pacault et E. Poquet, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2106.

([7]) E. Poquet, *J. Chim. Phys.* (sous presse).

([8]) Laboratoire de Cristallographie, Faculté des Sciences de Bordeaux.

([9]) Laboratoire de Chimie physique, Centre de Recherches de la S. N. P. A., Pau-Lacq (Basses-Pyrénées).

(*Laboratoire de Chimie physique, Faculté des Sciences, Bordeaux.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la position et de la largeur de la raie de résonance magnétique nucléaire caractéristique de la molécule* H_2. Note de MM. **Marcel Chaigneau**, **Elie Dayan** et **Gérard Widenlocher**, présentée par M. Jean Lecomte.

Les auteurs décrivent les mesures qu'ils ont effectuées sur la position et la largeur de raie de la molécule H_2 (résonance magnétique nucléaire) pour laquelle des divergences existaient entre les évaluations faites par le calcul [(1), (2)] et les résultats expérimentaux antérieurs [(3), (4)]. Cette Note *confirme la valeur du déplacement chimique* ($\delta = 4,13$) *et précise la très grande largeur de la raie de* H_2.

Des déterminations théoriques de la constante d'écran magnétique ($\bar{\sigma}$) ont été effectuées pour les molécules du méthane et de l'hydrogène par N. F. Ramsay (1) et J. Guy, Mlle F. Cabaret, J. R. Didry (2). La position de la raie de la molécule d'hydrogène en résonance magnétique nucléaire (R. M. N.) par rapport à celle du méthane, déduite de ces calculs, est différente de celle donnée par M. A. Thomas (3) utilisée, semble-t-il, par Pople, Schneider et Bernstein (4).

Il importait donc de reprendre les expériences sur la R. M. N. de H_2 préparé de diverses façons : la méthode permettant d'obtenir de l'hydrogène sous pression par condensation préalable étant délicate, nous avons envisagé deux méthodes : Par des réactions chimiques en tube fermé. Par un procédé faisant appel à des techniques de hautes pressions (il sera décrit plus tard).

La méthode de réaction chimique dans un tube fermé utilise un tube, scellé sous vide, où l'hydrogène est produit par la réaction



$$2H_2O + CaH_2 = 2H_2 + Ca(OH)_2.$$

A cet effet, on introduit préalablement dans le tube : 1° une quantité d'eau calculée, selon la pression désirée, en fonction du volume intérieur du tube scellé; 2° un excès d'hydrure de calcium (*fig.* 1 et 2). Ces deux réactifs sont isolés par un bouchon P en polytétrafluoréthylène, de 3 à 4 mm de longueur, qui présente une perforation axiale garnie de laine de verre. L'eau, pesée avec précision, est contenue dans la chambre A destinée aux mesures, et l'hydrure de calcium dans la partie B, sur laquelle sera pratiqué le scellement S. Celui-ci est effectué sous un vide de 10^{-2} mm de mercure, après avoir maintenu l'eau en A à — 85°C (de façon à éviter les pertes par évaporation). Le passage de l'eau dans la chambre à hydrure de calcium est ensuite obtenu par un léger chauffage (environ 100°C) de A jusqu'à ce que la réaction soit totale. L'hydrure de calcium en excès et l'hydroxyde de calcium formé se trouvent ainsi isolés de la chambre qui sera soumise à l'examen, et le tube se présente alors selon la figure 1.

Afin de préciser la position de la raie de l'hydrogène par rapport à celles de composés connus (tels que le benzène ou le cyclohexane), nous avons

préparé (*fig.* 2) des tubes semblables, dans lesquels avait été introduit un tube capillaire renfermant l'un ou l'autre de ces corps.

Dans le cas d'expériences effectuées sur le méthane, sous des pressions du même ordre, la préparation de ce gaz *in situ* a été réalisée en faisant



FIG. 1

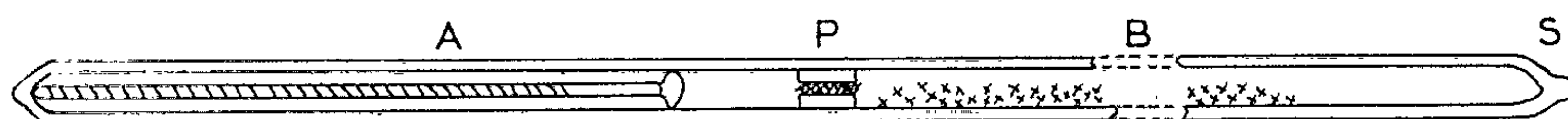


FIG. 2

réagir l'eau sur le carbure d'aluminium, dans des tubes de même dimension ([3]).

Les mesures ont été effectuées parallèlement sur des spectromètres Varian R. M. N. 60 MHz à haute résolution, soit du modèle HR 60 (Labo-

δ en parties par million.
6 4 2 0 -2

Tétraméthylsilane
T.M.S

Hydrogène
H_2
4,13±0,23
1,6 ppm

Méthane
CH_4
0,01
±0,03

Pople, Schneider, Bernstein.
H_2 C_6H_{12} CH_4

Note de
Guy, Mlle Cabaret, Didry (2)
H_2 CH_4 pris comme repère

FIG. 3

Valeurs de δ en parties par million, correction de susceptibilité magnétique faite

ratoire des Hautes Pressions à Bellevue), soit du modèle A 60 (Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne à la Sorbonne), sous une pression de l'ordre de 20 kg/cm² et à la température ambiante.

Les raies du méthane et du tétraméthylsilane (T. M. S.) ont une largeur inférieure à 1 Hz environ. Au contraire, la raie de R. M. N. de la molécule H_2 présente une largeur très grande, puisque, dans les mêmes conditions, elle est de 96 Hz, soit $1,6.10^{-6}$ (largeur à demi-hauteur).

Les valeurs obtenues pour le déplacement chimique δ en parties par million par rapport au T. M. S., sans correction de susceptibilité magnétique sont :

δ hydrogène : 2,71 ± 0,23 (vers les champs faibles);

δ méthane : — 1,41 ± 0,03.

Par suite, en prenant le méthane comme repère, on obtient :

$$\delta \text{ hydrogène} - \text{méthane} = 4,12 \pm 0,20 . 10^{-6}.$$

Ce résultat est en bon accord avec Pople, Schneider et Bernstein ($4,20 . 10^{-6}$) (4) comme on peut le voir sur la figure 3.

Une discussion de ces résultats sera présentée en même temps que ceux concernant l'étude, en fonction de la pression, sur des raies de R. M. N. de la molécule H_2 par la technique des hautes pressions (diminution de la largeur de la raie quand la pression augmente).

(1) N. F. RAMSEY, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 699.

(2) Mlle F. CABARET, J. R. DIDRY et J. GUY, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2902.

(3) H. A. THOMAS, *Phys. Rev.*, 80, 1950, p. 901.

(4) *High Resolution nuclear magnetic resonance*, Mc Graw Hill, 1959, p. 90 et 236.

(5) Dimensions du tube : longueur, 150 mm; diamètre extérieur, 5 mm; diamètre intérieur, 3 mm.

(*E. D., G. W., Laboratoire des Hautes Pressions, C. N. R. S., Bellevue, Seine-et-Oise* et *M. C., Laboratoire des Gaz, C. N. R. S., Faculté de Pharmacie, Paris, 5e.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Mesure interférométrique du glissement intergranulaire de bicristaux de zinc produit par cyclage thermique.* Note (*) de MM. **Jacques Mondon** et **Paul Lacombe**, présentée par M. Georges Chaudron.

Lorsque des bicristaux de zinc sont cyclés entre deux températures T_m et T_M, la forte anisotropie de dilatation des grains fait naître aux joints des contraintes qui se relâchent par déformation plastique dans les grains et par glissement intergranulaire ([1]).

La figure 1 montre l'aspect de ce glissement intergranulaire obtenu après 600 cycles entre 20 et 300°. La composante parallèle à l'axe de l'éprouvette peut être mesurée par le déplacement d'un repère RR′ gravé



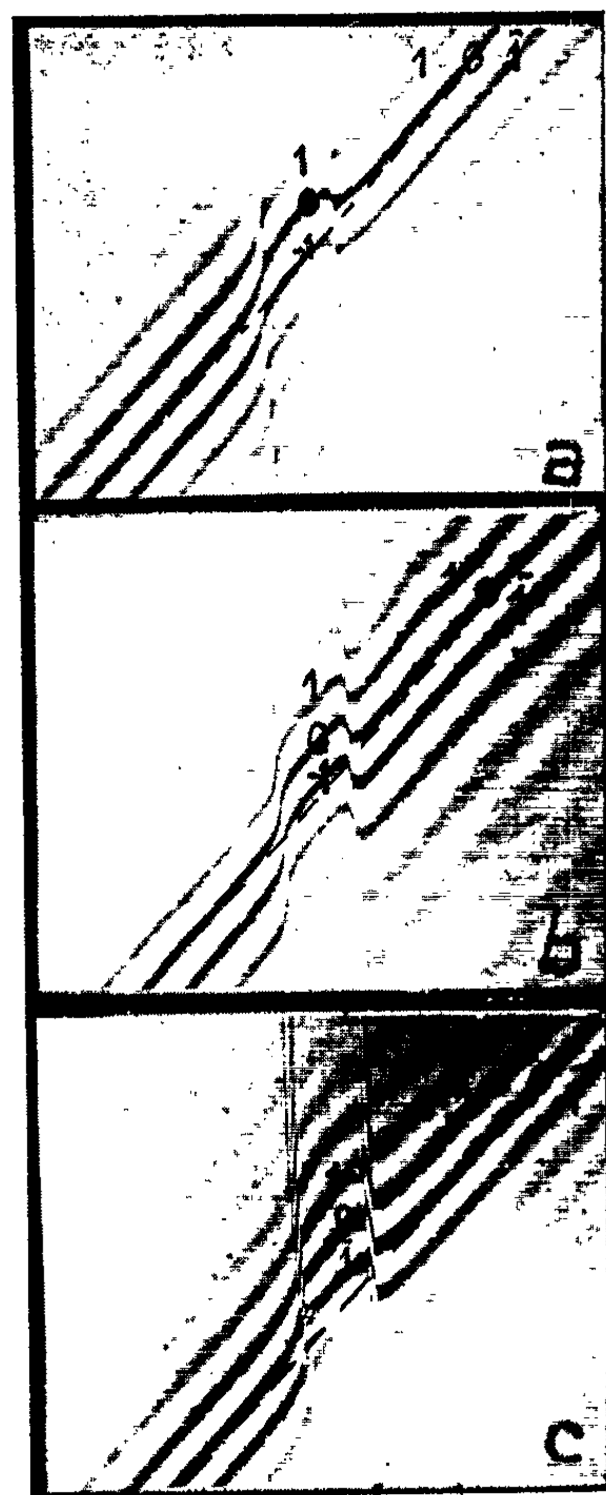


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Glissement intergranulaire produit par 600 cycles entre 20 et 300° (G × 300).

Fig. 2. — Déplacement des franges en lumière blanche pour les cycles 1, 2 et 3 à 308°C (G × 300).

perpendiculairement au joint. La composante normale au plan de l'éprouvette forme sur cette surface une marche à l'aplomb du joint mise en évidence par son ombre portée en éclairage oblique et par la différence de mise au point de deux grains.

Quelle que soit l'orientation relative des grains, le glissement intergranulaire produit par un cycle thermique est de l'ordre de grandeur des longueurs d'ondes lumineuses ([2]), une méthode interférométrique est donc nécessaire si l'on veut le mesurer cycle par cycle. Cette méthode a été appliquée pour étudier le fluage du joint de bicristaux de cuivre ([3]).

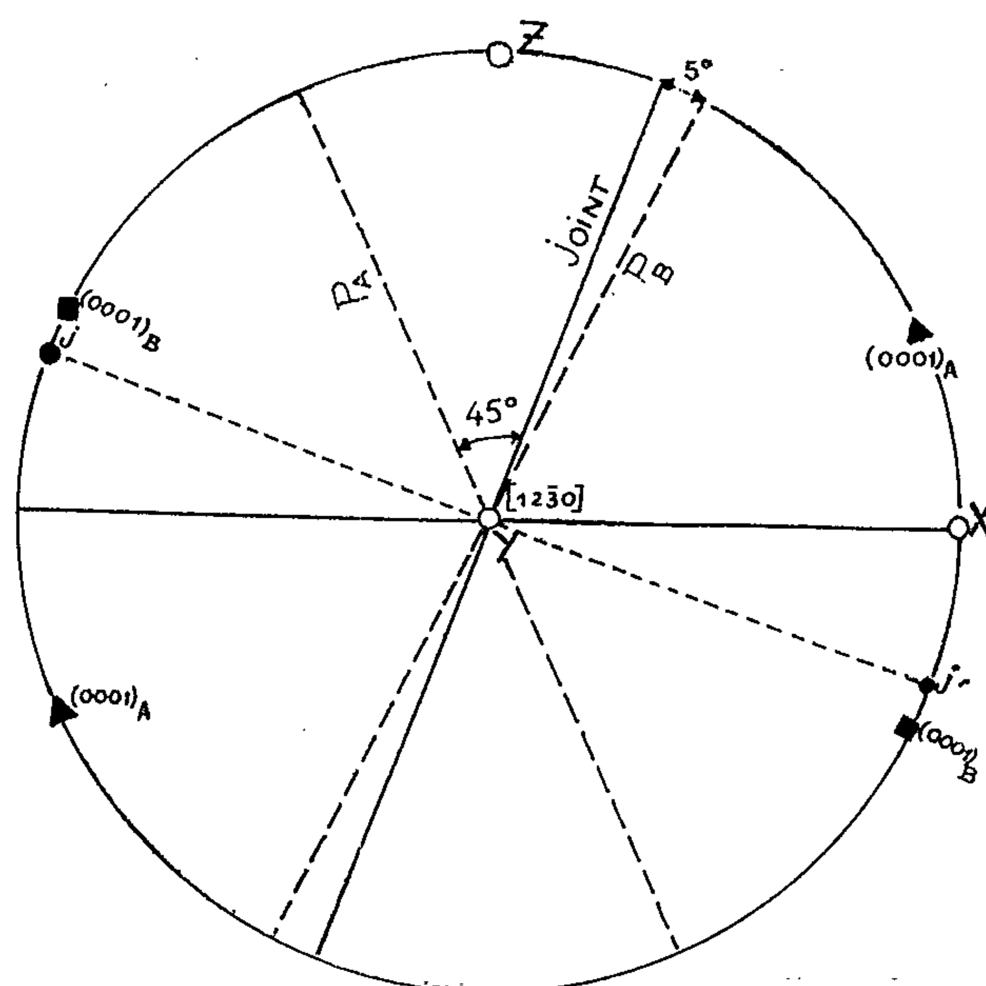


Fig. 3. — Orientation relative des deux grains des bicristaux.

Nous avons utilisé l'interféromètre à deux ondes Normarsky ([4]) en mesurant le décalage de la frange noire d'indice o obtenue en lumière blanche (*fig.* 2).

L'orientation de la série de bicristaux étudiés est indiquée sur la projection stéréographique de la figure 3, où le pôle de la surface est Z. L'axe de rotation des deux grains Y est sensiblement [$13\bar{3}0$], la désorientation des deux grains autour de cet axe étant de 50°. Le plan du joint est incliné de 5° sur le plan P_B du grain B et de 45° sur le plan basal P_A du grain A.

Les courbes obtenues en mesurant la hauteur de la marche à chaque cycle N sont reportées figure 4 pour différentes températures maximales T_M du cycle.

Les échantillons étaient portés 10 mn à la température maximale. Après 5 cycles environ, la pente dh/dN de ces courbes est sensiblement constante.

Un interfrange représente un accroissement de la marche de 0,3 μ, les mesures effectuées sur le microscope permettent d'évaluer un quart d'interfrange, l'erreur expérimentale est donc de 0,075 μ.

Si l'on reporte sur une échelle logarithmique la pente *dh/dN* mesurée au 5e cycle en fonction de $1/T_M$, on trouve une loi linéaire correspondant à une énergie d'activation de 8 ± 1 kc/mole (*fig.* 5).

En conclusion, il est possible de décrire le glissement intergranulaire produit par cyclage thermique comme un phénomène activé thermiquement, de la même façon que celui produit par application de contraintes externes (5).

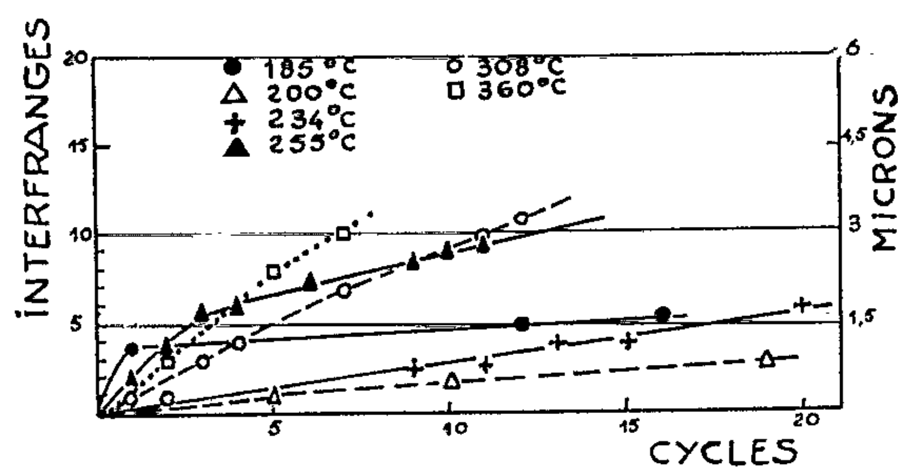


Fig. 4.

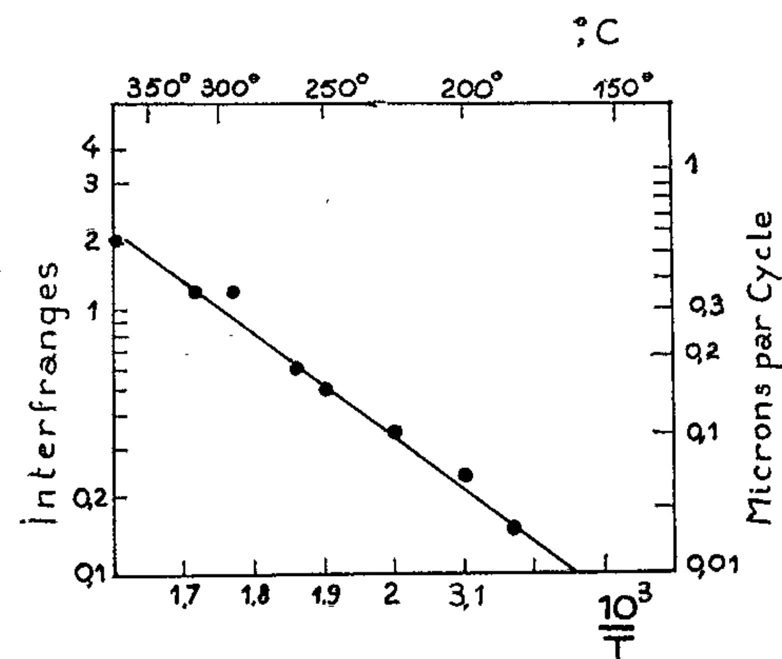


Fig. 5.

Fig. 4. — Courbes de croissance de la marche pour différentes températures.
Fig. 5. — Variation de la vitesse de croissance en fonction de l'inverse de la température.

Pour effectuer ces mesures nous avons dû nous placer dans un cas particulier de bicristaux ne présentant pas de migration de joint. L'énergie de 8 kc requise pour le cisaillement est donc relative à ce cas précis. L'énergie de migration du joint doit être en effet plus forte. Pour du zinc pur (99,99 %) tel que celui utilisé, elle doit être sensiblement égale à celle d'autodiffusion au joint, soit 14,3 kc/mole (6).

Deux mécanismes sont possibles pour restaurer le joint : un cisaillement ou une migration. Pour que le cisaillement soit prépondérant il est donc nécessaire qu'il y ait un écart d'au moins 6 kc entre les énergies d'activation de ces deux processus.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) J. E. Burke et A. Turkalo, *Trans. A. I. M. E.* 194, 1952, p. 651.

(2) J. Mondon, G. Cizeron, P. Lacombe, Mémoires scientifiques de la *Revue de Métallurgie* (sous presse).

(3) S. Harper, *Joint Symposium on Structural processes in creep*, The Iron and Steel Institute, London, May 1961.

(4) G. Normarsky et Mme A. Weil, *Revue de Métallurgie*, 52, n° 2, 1955.

(5) F. Weinberg, *Trans. A. I. M. E.*, 212, 1958, p. 808.

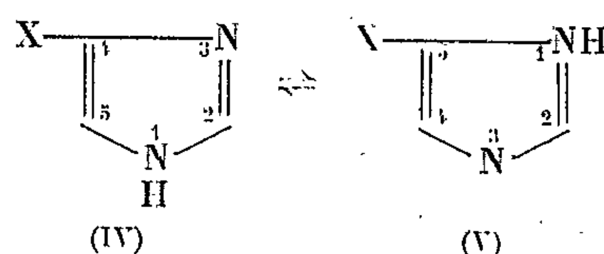
(6) E. S. Wajda, *Acta Met.*, 2, 1954, p. 184.

(Centre de Recherches métallurgiques de l'École des Mines de Paris.)

POLAROGRAPHIE. — *Polarographie et étude physicochimique de dérivés nitrés, halogénés et carbonylés de l'imidazole.* Note (*) de M. **Étienne Laviron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Réduction polarographique des nitro et halogénoimidazoles, et étude de l'équilibre prototropique du bromo-4 (ou 5) imidazole. Mise en évidence de la formation d'un hémiacétal de l'imidazolaldéhyde par spectroscopie et polarographie en milieu alcoolique. Généralisation aux pyridinaldéhydes.

Dans le cadre d'une étude des propriétés physicochimiques des hétérocycles à azote pyridinique [(1), (2)], nous avons examiné le comportement de dérivés mononitrés, halogénés et monocarbonylés de l'imidazole. L'existence d'un équilibre prototropique confère d'ailleurs à l'imidazole un intérêt propre, car il est intéressant de tenter de déterminer les quantités relatives des formes (IV) et (V) existant à l'équilibre dans la solution d'un dérivé substitué en 4 (ou 5).



Dérivés nitrés. — Tous les membres de la série étudiée, *le nitro-4 (ou 5) imidazole, le nitro-2 imidazole* ou azomycine (3), *le nitro-4* et *le nitro-5 méthyl-1 imidazole* présentent une première vague de réduction nettement définie à tous les pH. La seconde vague (réduction en amine) est bien marquée pour l'azomycine et le nitro-5 méthyl-1 imidazole.

En milieu acide, les potentiels de demi-vague du nitro-4 (ou 5) imidazole et du nitro-4 méthyl-1 imidazole sont identiques et les spectres d'absorption ultraviolette sont pratiquement superposables. Ce résultat indique une nette prédominance en solution de la forme (IV) du nitro-4 (ou 5) imidazole et est en bon accord avec les constatations de Grimison (4). L'incrément de potentiel entre le nitro-4 (ou 5) imidazole et l'azomycine est suffisant pour permettre l'analyse sélective d'un mélange. En milieu neutre les courbes $i-t$ au pied de la vague polarographique présentent une forme en S anormale. Cette anomalie, déjà signalée en série pyrrolique, serait due à un phénomène d'autocatalyse (5).

Dérivés halogénés. — La vague de réduction du *tribromo-2.4.5 imidazole* n'apparaît nettement qu'entre pH 2 et 6. *L'iodo-2 imidazole* donne une vague bien définie à tous les pH. Pour le *triiodo-2.4.5 imidazole* on observe trois vagues, le potentiel de la dernière correspondant sensiblement à celui de l'iodo-2 imidazole. L'atome d'iode en position 2 apparaît donc plus difficilement réductible; la réduction par voie chimique conduit d'ailleurs à un résultat identique (6). A pH 2, la seconde vague présente un type d'anomalie déjà signalé dans le cas des bispyridyléthylènes (7)

et qui semble caractéristique d'une autoinhibition de la réaction de décharge. La forme inhibitrice serait en ce cas le produit de réduction obtenu au premier stade.

Équilibre prototropique dans le cas du bromo-4 (ou 5) imidazole. — L'étude de l'équilibre montre que le rapport *r* de la concentration de la forme (IV) à celle de la forme (V) est sensiblement égal au rapport des constantes d'ionisation des dérivés méthylés en 1 et substitués respectivement en 4 et en 5. La détermination potentiométrique des pK conduit aux valeurs suivantes : bromo-4 (ou 5) imidazole pK 3,25; bromo-5 méthyl-1 imidazole pK 4,80. En supposant le pK du bromo-4 (ou 5) imidazole peu différent de celui du bromo-4 méthyl-1 imidazole on obtient pour *r* environ 35. Cette valeur est en bon accord avec les résultats obtenus lors de la méthylation à l'azote du bromo-4 (ou 5) imidazole [8], compte tenu des observations de Grimison sur la cinétique de cette réaction [4].

Imidazolaldéhyde-4 (ou 5). — Une étude polarographique nous avait précédemment permis de conclure à une hydratation privilégiée de l'ion formylimidazolium [2]. L'examen des spectres ultraviolets confirme cette hypothèse : en milieu acide, l'intensité de la bande d'absorption diminue de moitié par rapport à celle en milieu neutre. En milieu méthylique ou éthylique anhydre et acide, par contre, la bande d'adsorption disparaît totalement. Cette disparition a été interprétée en faisant appel à des phénomènes de résonance [9]. Il nous semble plus logique de conclure à la formation d'un hémiacétal, compte tenu de l'analogie présentée avec les phénomènes d'hydratation. La disparition de la vague polarographique en milieu alcoolique acide confirme ce résultat.

L'extension de ces observations au cas des pyridinaldéhydes, caractéristiques de ce type d'anomalie [2], conduit à des résultats analogues. La diminution de l'intensité d'absorption ultraviolette et de la hauteur de la vague polarographique en milieu alcoolique acide montre que, dans ce cas également, la formation de l'hémiacétal est plus complète que celle de l'hydrate. En série pyridinique, les hémiacétals cristallisés ont d'ailleurs été isolés [10].

Les résultats détaillés seront publiés ultérieurement.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) J. Tirouflet et E. Laviron, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2063.
(2) E. Laviron, *Bull. Soc. Chim.*, 1961, p. 2325 et 2350.
(3) K. Maeda, T. Osato et H. Umezawa, *J. Antibiotics*, 6 A, 1953, p. 182.
(4) A. Grimison, J. H. Ridd et B. V. Smith, *J. Chem. Soc.*, 1960, p. 1352.
(5) M. Person, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 301.
(6) M. Pauly et E. Arauner, *J. Prakt. Chem.*, 1928, p. 33.
(7) E. Laviron, *Bull. Soc. Chim.*, 1962, p. 418.
(8) C. E. Hazeldine, F. L. Pyman et J. Winchester, *J. Chem. Soc.*, 1924, p. 1431.
(9) R. A. Turner, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 3472.
(10) W. Mathes et W. Sauermilch, *Chem. Ber.*, 1956, p. 1515; W. Mathes, Communication personnelle.

(*Laboratoire de Chimie générale, Faculté des Sciences, Dijon.*)

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur la basicité des mélanges de diéthylaminoéthanol et d'eau.* Note (*) de Mlle **Sabine Mouronval**, MM. **René Gaboriaud** et **Robert Schaal**, présentée par M. Georges Chaudron.

La basicité des mélanges de diéthylaminoéthanol et d'eau passe par un maximum pour un titre de 50 % et diminue ensuite jusqu'au solvant pur.

Le diéthylaminoéthanol en solution aqueuse diluée est une base de force analogue à l'amino-2 éthanol [les pK respectifs sont 9,74 et 9,64 (1)]. Cependant à l'état pur et anhydre, leurs comportements sont très différents, et en particulier le diéthylaminoéthanol se présente comme un solvant beaucoup moins basique (2).

Pour fixer le niveau de basicité par rapport à l'eau de l'éthanolamine pure (H = 15,35), Masure (3) puis Vermesse (4) avaient utilisé la fonction d'acidité soit des mélanges avec l'eau, soit du solvant anhydre. Pour l'étude des mélanges d'eau et de diéthylaminoéthanol, nous avons repris la première méthode.

Principe. — La fonction d'acidité des mélanges d'eau et de diéthylaminoéthanol est définie par la relation

$$H = pK_{eau} + \log \frac{|A^-|}{|AH|}.$$

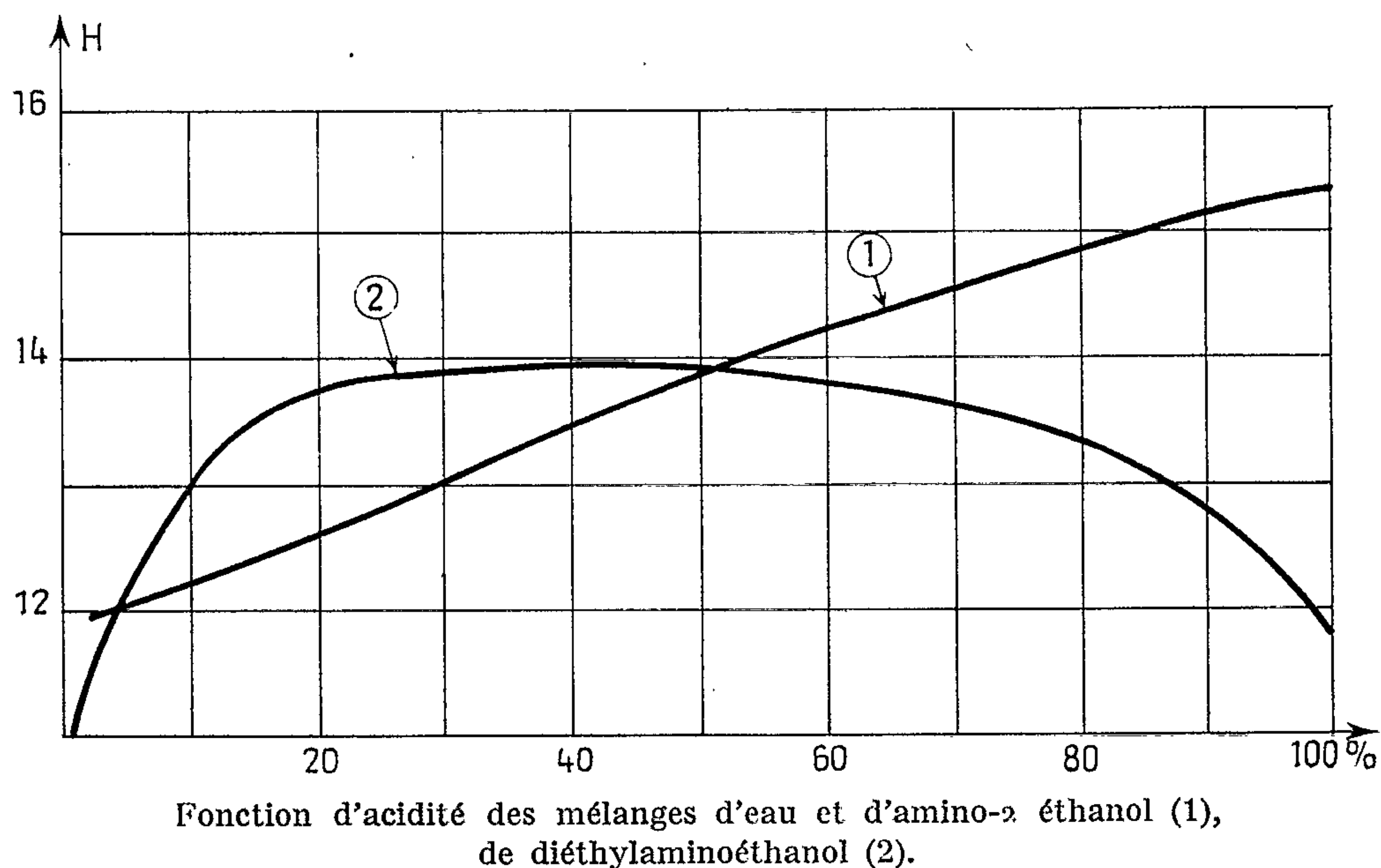
Il est donc nécessaire de mesurer le rapport de concentrations : $|A^-|/|AH|$ pour les mélanges de titres différents, à l'aide de la spectrophotométrie, mais il faut pouvoir mesurer avec précision les coefficients d'absorption de l'ion (A^-) et de la molécule (AH).

Il suffit en général de mesurer celui de l'ion dans les mélanges très concentrés en solvant basique, et celui de la molécule en mélange fortement aqueux. Nous avons constaté immédiatement que des mélanges fortement concentrés en diéthylaminoéthanol étaient beaucoup moins ionisants que les mélanges à 50 % : la mesure du coefficient d'absorption de l'ion n'est donc pas possible directement, car il serait illusoire de vouloir choisir le coefficient maximal obtenu (le niveau de basicité propre du mélange pouvant être insuffisant pour ioniser complètement l'indicateur).

Pour mesurer le coefficient ε_i, nous avons alors opéré en présence de diéthylaminoéthoxyde de sodium en solution dans le diéthylaminoéthanol pur et nous avons adopté cette valeur dans tous les solvants mixtes (à l'effet de milieu près qui est souvent négligeable aux longueurs d'onde des mesures). De même, pour certains composés très acides qui sont partiellement ionisés dans le solvant pur, il a été nécessaire de mesurer

l'absorption de la molécule en présence de petites quantités de chlorhydrate de diéthylaminoéthanol, afin de faire régresser toutes traces d'ionisation.

Choix des indicateurs. — Successivement ont été utilisés : la picramine ($pK_{eau} = 12,27$), les dinitrophénylhydrazones du butanal (13,40), de l'isobutanal (13,33), de la cyclopentanone (13,70), de la benzophénone (14,44) et le dinitro-3.6 carbazole (13,05). Ce dernier n'a pu être utilisé que dans les mélanges fortement concentrés en diéthylaminoéthanol, par suite de sa solubilité très faible en milieux aqueux.



Fonction d'acidité des mélanges d'eau et d'amino-2 éthanol (1), de diéthylaminoéthanol (2).

Résultats. — La fonction d'acidité a d'abord été mesurée à l'aide d'une électrode de verre entre 0 et 5 %, elle s'élève rapidement à la valeur H = 14 pour 20 % environ de diéthylaminoéthanol, puis reste sensiblement constante jusqu'à 60 % pour redescendre ensuite vers 11,70. Les mélanges à teneur moyenne sont donc plus basiques et plus ionisants que le solvant pur : c'est le premier cas où un tel phénomène ait été constaté.

Dans les mêmes conditions, la fonction d'acidité des mélanges d'eau et d'éthanolamine croît régulièrement avec la concentration du solvant basique jusqu'à la valeur H = 15,35; mais la permittivité relative de ce dernier solvant (37,7) est beaucoup plus élevée que celle du diéthylaminoéthanol (9,10), de sorte que, dans ce dernier cas, la permittivité du solvant mixte décroît très rapidement; lorsqu'elle devient inférieure à 20 environ, le mélange mixte ne peut plus dissocier les paires d'ions formées, de sorte que la basicité propre ne semble plus augmenter et même diminue fortement.

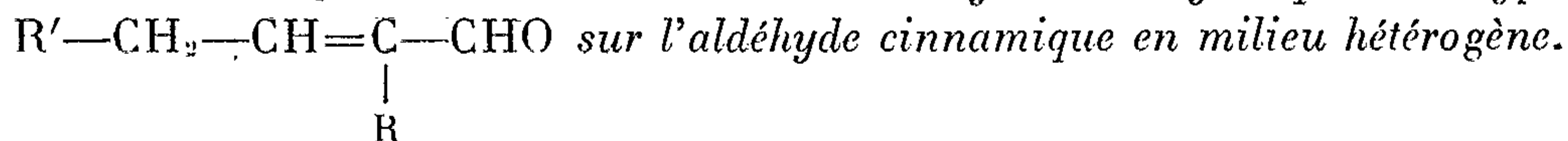
L'addition d'eau au diéthylaminoéthanol est donc très complexe puisque le caractère acide de la première est très longtemps masqué par l'augmentation de permittivité relative qui en résulte et qui est, de loin, la plus importante.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) R. Bates et G. D. Pincking, *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, 46, 1951, p. 349.
(2) R. Gaboriaud, B. Monnaye et R. Schaal, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 4027.
(3) F. Masure, R. Schaal et P. Soushay, *Bull. Soc. Chim.*, 1956, p. 1143.
(4) C. Vermesse-Jacquinot et R. Schaal, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3679.

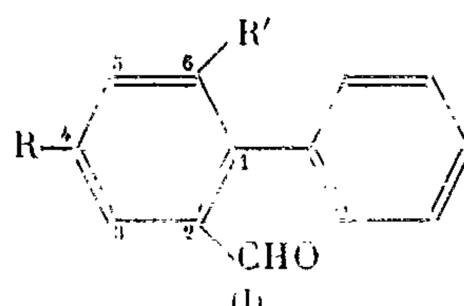
(*Laboratoire de Chimie IV, P. C. B.,
11, rue P.-Curie, Paris 5e.*)

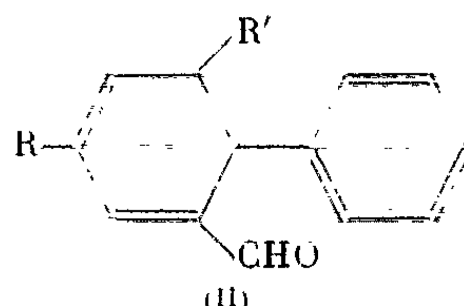
CHIMIE ORGANIQUE. — *Condensation d'aldéhydes α-éthyléniques de type*

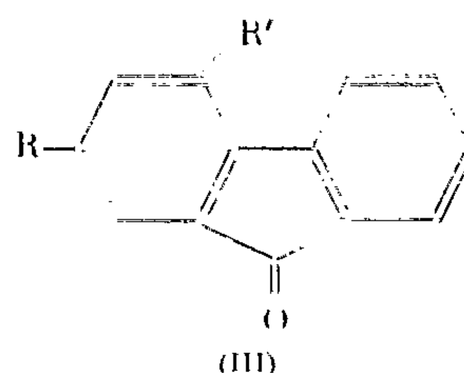


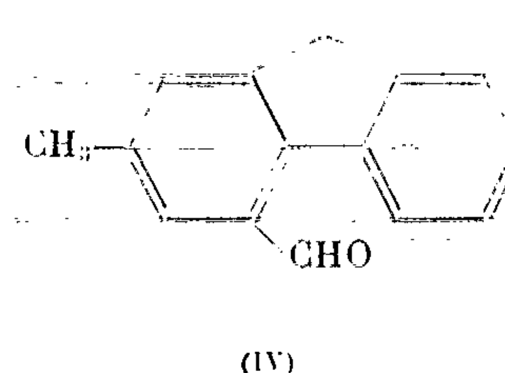
Préparation de fluorénones substituées. Note (*) de MM. **Joseph Wiemann** et **Jean-Jacques Godfroid**, présentée par M. Marcel Delépine.

A 400°, sur magnésie, le produit principal obtenu dans les condensations indiquées, appartient à la série du formyl-2 biphényle. Dans un cas particulier, nous avons isolé une fluorénone, ce qui a permis la rectification d'une formule suggérée dans une publication antérieure.









Par condensation du crotonal [R=R'=H] (A), de l'aldéhyde tiglique [R=CH_3, R'=H] (B), du méthyl-2 penténal [R=R'=CH_3] (C), de l'éthyl-2 hexénal [R=R'=C_2H_5] (D) sur l'aldéhyde cinnamique, nous avons obtenu comme produit principal (température : 400°, catalyseur : magnésie) les aldéhydes (I) suivants :

A. Formyl-2 biphényle (liquide incolore) : $É_{0,2}$ 104°,5, $É_{15}$ 162-163°; n_D^{23} 1,6240; littérature : $É_{12}$ 162°, $É_7$ 150°. Analyse : $C_{13}H_{10}O$, calculé %, C 85,69; H 5,53; trouvé %, C 85,65; H 5,33. Infrarouge : 2741 (C—H aldéhyde), 1 689 (C=O conjugué) et 1 602 cm^{-1} (cycle benzénique). Ultraviolet : λ_{EtOH}^{Max} = 2 135 (log ε = 4,26), 2 325 (4,32), 2 490 (4,08) et 3 000 Å (3,51).

B. Méthyl-4 formyl-2 biphényle (aiguilles blanches) : F 78,5-79°; $É_{0,3}$ 121°,5. Analyse : $C_{14}H_{12}O$, calculé %, C 85,68; H 6,16; trouvé %, C 85,85; H 6,24. Infrarouge ($CHCl_3$) : 2 740, 1 680 et 1 610 cm^{-1}. Ultraviolet : λ_{EtOH}^{Max} = 2 175 (log ε = 4,23), 2 350 (4,35), 2 560 (4,11) et 3 090 Å (3,49).

C. Diméthyl-4.6 formyl-2 biphényle (cristaux blancs facilement fusibles): $É_{0,2}$ 114°; n_D^{23} 1,5948; F 38-39°,5. Analyse : $C_{15}H_{14}O$, calculé %, C 85,68; H 6,71; trouvé %, C 85,57; H 6,76. Infrarouge : 2 745, 1 689 et 1 608 cm^{-1}. Ultraviolet : λ_{EtOH}^{Max} = 2 190 (log ε = 4,29), 2 570 (4,00) et 3 100 Å (3,40).

D. Diéthyl-4.6 formyl-2 biphényle (cristaux blancs) : F 70,5-71°,5. Analyse : $C_{16}H_{18}O$, calculé %, C 85,67; H 7,61; trouvé %, C 85,52; H 7,80. Infrarouge ($CHCl_3$) : 2 756, 1 686 et 1 608 cm^{-1}. Ultraviolet λ_{EtOH}^{Max} = 2 190 (log ε = 4,34), 2 580 (4,01) et 3 080 Å (3,40).

Par chromatographie en phase vapeur et spectrographie infrarouge, nous avons détecté, sans pouvoir l'isoler à l'état pur, l'aldéhyde de la série du cyclohexadiène (II) dans le cas des condensations (C) et (D) : à 300° sa proportion peut atteindre 50 % du condensat mixte. De même, la présence d'alcool correspondant à l'hydrogénation de l'aldéhyde (I) a pu être mise en évidence par le même moyen. Afin de comparer les temps de rétention, nous avons synthétisé les alcools correspondants aux aldéhydes (I) par hydrogénation sur nickel de Raney. Voici leurs constantes : A. Biphénylméthanol-2 : F 49,5-50°,5; littérature : 50-51°. B. Méthyl-4 biphénylméthanol-2 : F 41,5-43°. C. Diméthyl-4.6 biphénylméthanol-2 : F 46,5-47°. D. Diéthyl-4.6 biphénylméthanol-2 (huile incolore) : $É_{0,4}$ 137°; n_D^{21} 1,5735.

Dans le cas particulier de la condensation (C), nous avons isolé des cristaux jaunes (rendement de l'ordre de 1 %) : F 139,5-140°,5. Analyse : $C_{15}H_{12}O$, calculé %, C 86,51; H 5,81; trouvé %, C 86,13; H 5,72. Infrarouge ($CHCl_3$) : 1 713 cm^{-1} (bande C=O) 1 613 et 1 585 cm^{-1} (doublet C—C du noyau benzénique). Ultraviolet : λ_{EtOH}^{Max} = 2 520 (log ε = 4,74), 2 605 (4,92), 2 890 (3,40), 2 985 (3,45), 3 010 (3,48), 3 280 (3,26), 3 875 (2,53) et 4 070 Å (2,58).

Nous avons synthétisé par ailleurs la fluorénone (III) R=R'=CH_3 en oxydant l'aldéhyde obtenu dans la même condensation (C) en acide, ce dernier étant déshydraté ensuite en diméthyl-2.4 fluorénone : F 139,5-140°,5. Analyse : $C_{15}H_{12}O$, calculé %, C 86,51; H 5,81; trouvé %, C 86,41; H 5,92. Il n'y a pas d'abaissement du point de fusion du mélange avec le composé ci-dessus. D'autre part, les deux produits présentent d'une manière rigoureuse les mêmes spectres d'absorption dans l'infrarouge et l'ultraviolet. Donc le corps obtenu lors de la condensation (C) n'est pas le méthyl-2 formyl-4 fluorène (IV) comme l'un de nous, en collaboration, l'a suggéré [1], mais la diméthyl-2.4 fluorénone.

Dans les autres condensations, nous n'avons pas pu isoler les fluorénones (III). Dans deux cas elles sont connues (fluorénone, R=R'=H et méthyl-2 fluorénone, R=CH_3, R'=H), de même que les acides intermédiaires. Nous les avons donc synthétisés, par la méthode indiquée plus haut comme preuve de structure des aldéhydes de départ.

A. Acide biphénylcarboxylique-2 : F 111-111°,5; littérature : F 110,5-111°,5 par exemple. Fluorénone : F 84-85°; littérature : F 83,5-84°,5 par exemple. Analyse : $C_{13}H_8O$, calculé %, C 86,65; H 4,48; trouvé %, C 86,78; H 4,45. Infrarouge (CS_2) : 1 718 cm^{-1} (bande C=O). Ultraviolet λ_{EtOH}^{Max} = 2 480 (log ε = 4,81), 2 565 (5,00), 2 840 (3,49), 2 935 (3,59),

3 065 (3,35), 3 140 (3,25), 3 215 (3,14), 3 285 (3,04), 3 800 (2,47) et 3 925 Å (2,44); les valeurs sont en bon accord avec la littérature.

B. Acide méthyl-4 biphénylcarboxylique-2 : F 157-159°; littérature : F 155°. Méthyl-2 fluorénone : F 91-92°,5; littérature : F 91-92°. Analyse : $C_{14}H_{10}O$, calculé %, C 86,57; H 5,19; trouvé %, C 86,56; H 5,32. Infrarouge (CS_2) : 1 717 cm^{-1} (bande C=O). Ultraviolet : λ_{EtOH}^{Max} = 2 515 (log ε = 4,79), 2 600 (4,97), **2 850** (3,49), 2 955 (3,56), 3 075 (3,36), **3 150** (3,23), **3 230** (3,05), 3 300 (3,01), 3 825 (2,42) et 4 000 Å (2,44).

C. Acide diméthyl-4.6 biphénylcarboxylique-2 : F 152-153°. Diméthyl-2.4 fluorénone : les constantes ont été données plus haut.

D. Acide diéthyl-4.6 biphénylcarboxylique-2 : F 127-129°. Diéthyl-2.4 fluorénone : F 44-47°,5. Analyse : $C_{17}H_{16}O$, calculé %, C 86,40; H 6,83; trouvé %, C 86,12; H 6,93. Infrarouge (CS_2) : 1 715 cm^{-1} (bande C=O). Ultraviolet : λ_{EtOH}^{Max} = **2 535** (log ε = 4,73), 2 620 (4,90), 2 915 (3,43), 3 010 (3,50), 3 160 (3,32), 3 840 (2,54) et 4 050 Å (2,60).

Les détails expérimentaux paraîtront dans un autre recueil.

Remarques. — Pour les spectres dans l'ultraviolet les valeurs en chiffres gras représentent des inflexions. Les points de fusion ont été pris au microscope.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) P. Lacroix, *Thèse d'Ingénieur-Docteur*, Paris, 1961; J. Wiemann et P. Lacroix, *Bull. Soc. Chim.*, 1961, p. 2257.

(*Laboratoire de Chimie organique structurale, 8, rue Cuvier, Paris, 5e.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Application de la condensation thermique à la synthèse des hydroxy-4 coumarines non substituées en position 3.* Note (*) de MM. **Antoine Lefeuvre** et **Charles Mentzer**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'action du phénylmercaptomalonate d'éthyle sur les phénols selon la méthode dite des « condensations thermiques » permet de préparer des phénylmercapto-3 hydroxy-4 coumarines. En traitant de tels composés par le nickel Raney selon Bougault, Cattelain et Chabrier, la liaison carbone-soufre subit une hydrogénolyse dans des conditions particulièrement ménagées. Il est ainsi possible de synthétiser des hydroxy-4 coumarines non substituées en position 3.

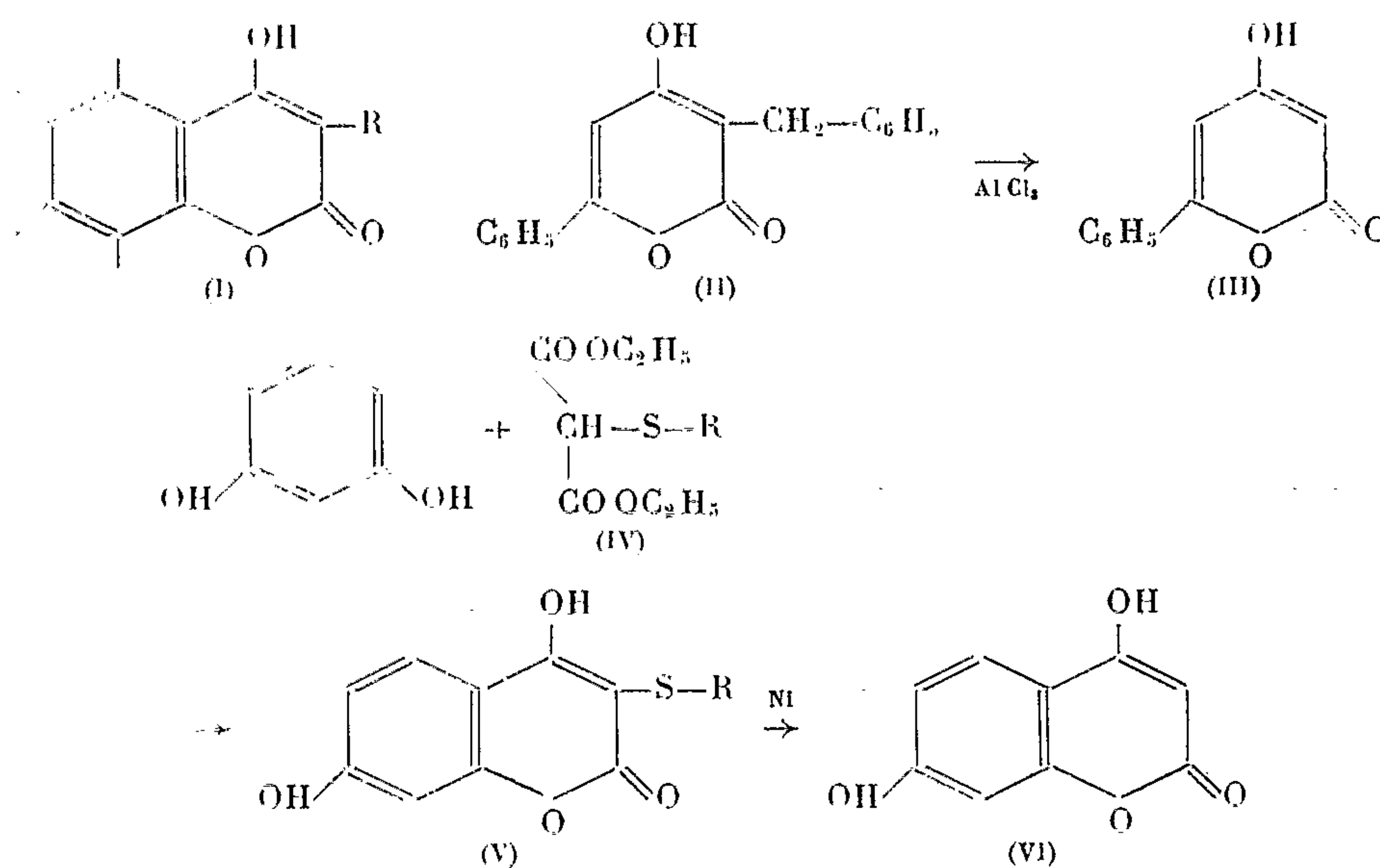
Nous savons que la condensation thermique entre les esters maloniques et les phénols ou les cétones énolisables permet d'accéder très aisément à des hydroxy-4 α pyrones diversement substituées en position 3 [(1), (2), (3)]. Jusqu'ici cette réaction n'avait cependant pas pu être généralisée à l'obtention des hydroxy-4 coumarines ayant un atome d'hydrogène libre sur le carbone n° 3. Nous avons essayé d'y arriver d'une façon indirecte en synthétisant tout d'abord des coumarines du type (I) et en réalisant ensuite la scission du radical R et son remplacement par un atome d'hydrogène. Cette manière d'opérer est conforme à un principe général de synthèse, valable dans de nombreux domaines de la chimie organique. Dès 1958, Ziegler avait trouvé que la benzyl-3 hydroxy-4 phényl-6 pyrone-1.2 (II) peut être débenzylée en (III) par le chlorure d'aluminium à 160° (3). Mais cette scission, dont le rendement est relativement faible, n'a pas encore été appliquée jusqu'ici aux benzopyrones; d'autre part, le chlorure d'aluminium attaque certains groupements fonctionnels (méthoxyles, méthylène-dioxy, etc.) fréquents dans les composés naturels. En raison de ces données, nous avons pensé que la synthèse d'hydroxy-4 coumarines substituées en 3 par un groupement—SR (V) devait aboutir, en théorie tout au moins, à une solution satisfaisante du problème posé. En effet, la méthode très élégante de Bougault, Cattelain et Chabrier (4) permet la rupture de la liaison carbone-soufre dans des conditions particulièrement douces (5). En ce qui concerne la réalisation pratique de cette idée, nous avons choisi comme réactif le phénylmercaptomalonate d'éthyle (IV) ($R = C_6H_5$) qui est relativement stable, et dont le point d'ébullition est suffisamment élevé pour permettre le chauffage à 150°, c'est-à-dire à la température exigée dans ce cas pour la condensation thermique. Dans ces conditions, la résorcine nous a permis de préparer la phénylmercapto-3, dihydroxy-4.7 coumarine ($V : R = C_6H_5$) avec un rendement de 25 %. La libération de traces de thiophénol au cours de cette synthèse n'est malheureusement pas évitable. Elle a lieu également dans l'opération ultérieure, au cours de l'action du nickel Raney, qui s'effectue en milieu acide seulement, et qui aboutit à la formation de dihydroxy-4.7 cou-

marine (VI) en partant du phénylmercapto-dérivé correspondant, avec un rendement de 40 %.

La généralité de cette nouvelle voie d'accès aux hydroxy-4 coumarines non substituées en 3 est actuellement à l'étude au laboratoire ([6]).

Nous avons déjà trouvé que le phénol ordinaire et la phloroglucine se comportent qualitativement comme la résorcine vis-à-vis de l'ester (IV : $R = C_6H_5$). Aussi nous pouvons dès maintenant espérer que la méthode ci-dessus préconisée rendra possible la synthèse de polyhydroxy ou méthoxy-coumarines difficilement accessibles par les procédés décrits dans la littérature.

Notons pour terminer, que, jusqu'ici, seuls les esters comportant un substituant relié au groupement CH du malonate par une liaison carbone-carbone avaient pu être utilisés en condensation thermique. L'emploi du phénylmercaptomalonate d'éthyle ouvre donc une voie nouvelle à la synthèse hétérocyclique, car il peut être considéré comme le premier exemple d'un malonate capable de réagir malgré la présence d'une liaison carbone-soufre au niveau de la jonction avec le substituant.



Partie expérimentale. — *Phénylmercapto-3 dihydroxy-4.7 coumarine* $C_{15}H_{10}O_4S$. — 1,1 g de résorcine et 2,6 g de phénylmercaptomalonate d'éthyle sont chauffés au bain métallique à 150-160°, sous un courant d'azote sec pendant 2 h. Les cristaux formés sont lavés à l'éther, puis dissous dans le bicarbonate à 5 %. La solution alcaline filtrée, abandonne par acidification un produit qui est recristallisé dans l'éthanol. Il se présente alors sous forme d'aiguilles blanches qui fondent à 270°C (avec décomposition). Rdt 25 %. C %, calculé, 62,93; trouvé, 62,56; H %, calculé, 3,49; trouvé, 3,53. Le dérivé acétylé ($C_{19}H_{14}O_6S$) fond à 152-153°C. C %, calculé, 61,61; trouvé, 61,71; H %, calculé, 3,81; trouvé, 4,00.

Phénylmercapto-3 hydroxy-4 méthyl-7 coumarine $C_{16}H_{12}O_3S$. — La technique précédemment décrite, appliquée à un mélange de 4,3 g de métacrésol et de 10,4 g d'ester malonique, aboutit après 4 h de chauffage à 220-230° à un composé fondant à 180°. Rdt 40 %. Le dérivé acétylé fond à 145-146° ($C_{18}H_{14}O_4S$).

Dihydroxy-4.7 coumarine $C_9H_6O_4$. — 500 mg de phénylmercapto-3 dihydroxy-4.7 coumarine sont chauffés dans un excès d'eau distillée, à pH 5 en présence de nickel de Raney, au reflux pendant un quart d'heure. Après filtration et acidification de la solution, un composé blanc cristallise au cours du refroidissement. Rdt 40 %. F 266° (non abaissé par mélange avec un échantillon authentique préparé par D. Molho). C %, calculé, 60,68; trouvé, 60,98. H %, calculé, 3,40; trouvé, 3,53. Spectre ultraviolet du composé de désulfuration : maximums, 214; 243; 303-304 mμ. Spectre ultraviolet de la dihydroxy-4.7 coumarine : 214; 244; 304 mμ.

Hydroxy-4 méthyl-7 coumarine $C_{10}H_8O_3$. — En opérant d'une façon analogue avec de la phénylmercapto-3 hydroxy-4 méthyl-7 coumarine, on obtient un composé qui fond à 218°C.

Hydroxy-4 coumarine $C_9H_6O_3$. — La phénylmercapto-3 hydroxy-4 coumarine $C_{15}H_{10}O_3S$ est traitée sans recristallisation préalable par le nickel de Raney comme précédemment. Le composé obtenu fond à 215° après recristallisation dans l'eau. Le point de fusion mélangé avec un échantillon authentique n'est pas abaissé. Les spectres ultraviolets et infrarouges sont également identiques à ceux que fournit l'hydroxy-4 coumarine de référence.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) G. URBAIN et C. MENTZER, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 11, 1944, p. 171-174.
(2) P. VERCIER, D. MOLHO et C. MENTZER, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 17, 1950, p. 1248.
(3) E. ZIEGLER et H. JUNEK, *Monatsh. Chem.*, 89, 1958, p. 323, 678 et 737.
(4) J. BOUGAULT, E. CATTELAIN et P. CHABRIER, *Bull. Soc. Chim.*, (5), 7, 1940, p. 781.
(5) G. R. PETTIT et E. E. VAN TAMELEN, *Organic Réactions*, 12, 1962, p. 356.
(6) Cette étude fait l'objet de la thèse de l'un de nous (A. L.).

(*Laboratoire de Chimie du Muséum d'Histoire naturelle, 63, rue Buffon, Paris, 5e.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formylation du dibenzo-*1.2 : 3.4 *pyrène et synthèse du méthyl-*5 *dibenzo-*1.2 : 3.4 *pyrène.* Note de M. **Nguyen P. Buu-Hoï** et Mme **Denise Lavit-Lamy**, présentée par M. Marcel Delépine.

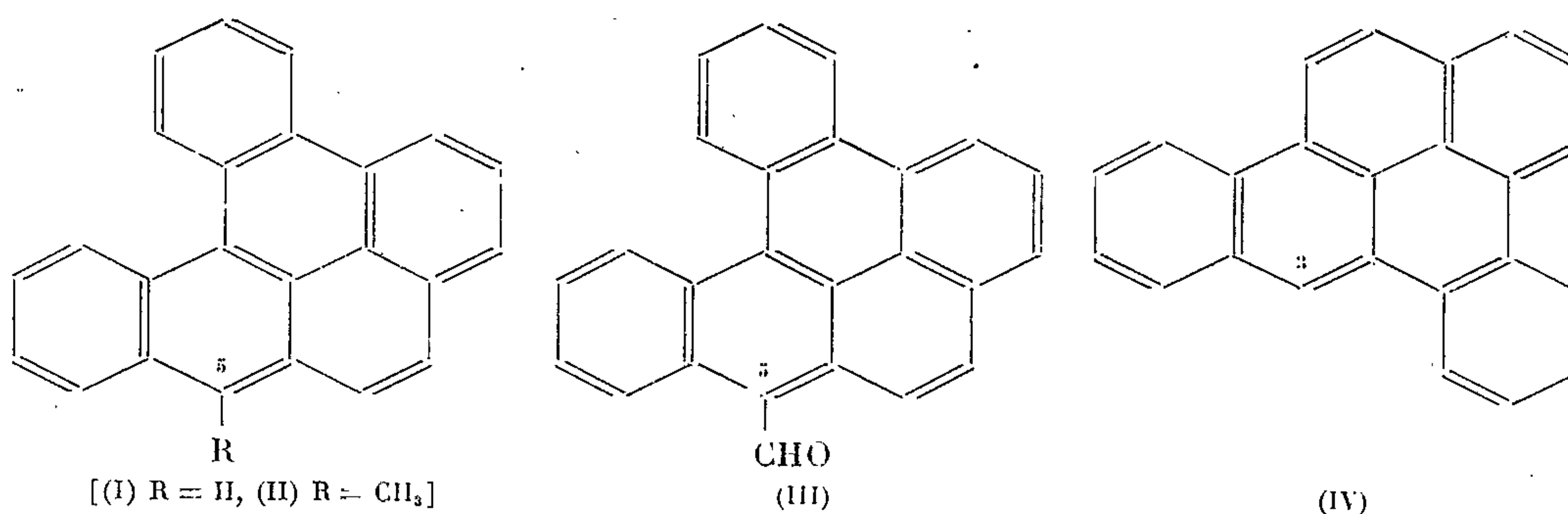
Il est montré que le dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène peut être formylé, quoiqu'avec de mauvais rendements, par le N-méthylformanilide en présence de $POCl_3$; l'aldéhyde obtenu peut être réduit en méthyl-5 dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène; le dibenzo-1.2 : 4.5 pyrène n'a pu être formylé dans les mêmes conditions.

Au cours de nos recherches sur les relations entre la constitution chimique et l'activité cancérogène des hydrocarbures aromatiques hexacycliques, nous avions synthétisé les dérivés *méso*-méthylés des dibenzo-3.4 : 8.9 et dibenzo-3.4 : 9.10 pyrène (1), lesquels se sont montrés moins actifs que les hydrocarbures non substitués (2). Il était intéressant de voir si, dans la série du dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène (I), hydrocarbure également cancérogène (3), la *méso*-méthylation diminuerait également l'activité, ou si, au contraire, elle l'augmenterait comme dans le cas de l'anthanthrène (2). Pour cette recherche, nous avions besoin d'élaborer une synthèse du méthyl-5 dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène (II), cet hydrocarbure n'ayant pas encore été décrit dans la littérature, bien que plusieurs autres homologues de (I) aient déjà été signalés (4).

Étant donné que l'hydrocarbure de base (I) peut être préparé commodément à partir du benzo-1.2 anthracène (5), nous l'avons choisi comme matière première, et soumis à la réaction de formylation dans les conditions suivantes :

Une suspension de 1,09 g de dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène dans 2,2 g de N-méthylformanilide et 2,2 g d'oxychlorure de phosphore est chauffée pendant 15 h au bain-marie bouillant; le mélange rouge foncé ainsi obtenu est agité vigoureusement avec 15 cm³ d'une solution concentrée d'acétate de sodium dans l'eau, et, après 24 h de repos, on essore le solide, le lave à l'eau puis au méthanol, et le sèche. Les 1,1 g de produit obtenus sont cristallisés dans 30 cm³ de toluène, ce qui fournit 535 mg d'un aldéhyde brut, F 205-210°; par concentration, les eaux mères laissent déposer un peu de l'hydrocarbure (I), puis une nouvelle concentration fournit un mélange séparable de cristaux de (I) et de l'aldéhyde (135 mg). Les deux portions d'aldéhyde sont réunies et recristallisées deux fois dans la méthyl-éthylcétone, ce qui fournit finalement 275 mg d'aiguilles jaune orangé, F 238-239° (par projection sur le bloc Maquenne), donnant avec l'acide sulfurique une halochromie rouge violacé ($C_{25}H_{14}O$, calculé %, C 90,9; H 4,3; O 4,8; trouvé %, C 91,2; H 4,0; O 5,0). Le rendement (23 %) en

aldéhyde est très inférieur à ceux obtenus dans la formylation des dibenzo-3.4 : 8.9 et dibenzo-3.4 : 9.10 pyrène [1], ce qui montre le peu de réactivité de la position 5 dans le cas présent. Si l'on diminue les quantités de N-méthylformanilide et de $POCl_3$, le rendement baisse à 3 % environ; il en est de même lorsqu'on opère en présence d'un solvant (*o*-dichlorobenzène), et, pour une quantité suffisante de solvant (8 cm³ par gramme d'hydrocarbure), on ne peut plus isoler d'aldéhyde (III).



[(I) R = H, (II) R = CH_3] (III) (IV)

La réduction du *formyl-5 dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène* a été effectuée de la manière suivante : à un mélange de 0,5 d'hydrate d'hydrazine à 95 % et 35 cm³ de diéthylèneglycol porté à 100°, on ajoute 65 mg de l'aldéhyde, et chauffe rapidement jusqu'à dissolution. On ajoute ensuite 0,5 g d'hydrate d'hydrazine et 0,5 g de potasse, et maintient 15 mn à l'ébullition; après refroidissement, on dilue avec 50 cm³ d'eau, essore le précipité orangé formé, le lave à l'eau, et le sèche. Après une cristallisation dans 10 cm³ d'acide acétique, on obtient 35 mg de produit F 213-214° (suintement à 210°); une deuxième cristallisation, effectuée dans 2 cm³ de méthyléthylcétone, fournit 15 mg de *méthyl-5 dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène* (II) pur, sous la forme de belles aiguilles orangées, F 221-222°, donnant avec l'acide sulfurique une halochromie rouge violacé ($C_{25}H_{16}$, calculé %, C 94,9; H 5,1; trouvé %, C 94,9; H 4,7). Des eaux mères, on récupère 12 mg d'hydrocarbure impur, F 206-209°, et de couleur brun clair. Le composé (II) est d'ailleurs très rapidement oxydé à l'air et en solution : si, par exemple, au cours de la réduction, le chauffage est prolongé au-delà de 1 h, l'hydrocarbure obtenu est très impur, coloré en brun, et fondant bas. Nous pouvons ainsi conclure de nos expériences que la *méso-méthylation du dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène accroît considérablement l'auto-oxydabilité de cet hydrocarbure.*

En conclusion, on peut dire que la réactivité de la position *méso*-anthracénique libre dans la molécule du dibenzo-1.2 : 3.4 pyrène est très inférieure à celles des molécules du dibenzo-3.4 : 9.10 pyrène et du dibenzo-3.4 : 8.9 pyrène. Par contre, elle est très supérieure à la position *méso*-anthracénique (position 3) libre de la molécule du dibenzo-1.2 : 4.5 pyrène (IV), molécule qui a résisté jusqu'ici à toutes nos tentatives de formylation, même dans les conditions de réaction les plus vigoureuses.

Ces résultats expérimentaux concordent bien avec les prévisions fournies par le calcul théorique des indices de valence libre effectué selon les méthodes de la Mécanique quantique.

(1) N. P. Buu-Hoï et D. Lavit, *Rec. Trav. chim.*, 75, 1956, p. 1194; 76, 1957, p. 200 et 321.

(2) A. Lacassagne, N. P. Buu-Hoï et F. Zajdela, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1156.

(3) W. E. Bachmann, J. W. Cook, A. Dansi, C. G. M. de Worms, G. A. D. Haslewood, C. L. Hewett et A. M. Robinson, *Proc. Roy. Soc.* (Londres), [B], 123, 1937, p. 350.

(4) F. A. Vingiello et W. W. Zajac, *J. org. Chem.*, 26, 1961, p. 2228.

(5) *Cf.* M. Zander, *Ber. deutsch. chem. Ges.*, 92, 1959, p. 2749; N. P. Buu-Hoï et D. Lavit-Lamy, *Bull. Soc. Chim.*, 1962, p. 1398.

(*Institut de Chimie des Substances naturelles du C. N. R. S., à Gif-sur-Yvette, Seine-et-Oise.*)

GÉOLOGIE. — *Présence de la zone à* Palæodasycladus mediterraneus *Pia dans le Lias moyen du Pla de Cuber (Majorque).* Note (*) de MM. **Guillermo Colom** et **Philippe Dufaure**, présentée par M. Pierre Pruvost.

En 1958, à la faveur d'un stage d'initiation aux séries à Tintinnoïdiens des îles Baléares, l'un de nous (Ph. D.) fut conduit à visiter l'affleurement de la ferme de Cuber (1). La présence de Spirocyclines y avait, en effet, été signalée (2) dans une série formée de « grès à grain rose attribués au Lias, et de couches zoogènes avec fausses brèches truffées de petits Polypiers et de Brachiopodes peut-être tithoniques » (1). *Spirocyclina infravalanginiensis* Chof. étant considéré comme un bon microfossile du Jurassique terminal et des couches de passage au Crétacé [(3), (4)], et comme un indicateur des milieux de lagons à influences continentales (4), il était intéressant de prélever des matériaux de référence et d'analyser les successions de faciès littoraux au sein de classiques séries pélagiques, tithoniques et néocomiennes, d'une des îles-clé de la paléogéographie mésogéenne.

L'examen des matériaux nous incita, en 1960, à un retour sur le terrain, avec, en vue, un échantillonnage plus serré, la recherche de macrofaunes et aussi la reconnaissance de la série liasique de la Muleta (5).

Coupe de la ferme de Cuber. — Il s'agit de la butte située au Nord-Est immédiat de la ferme, sur le bord est du ruisseau qui évacue les eaux du synclinal Cuber-Aumallutx, à travers les chaînons écaillés de Puig Cuber-Torellas. Les bancs sont alignés Nord-Est - Sud-Ouest, avec un fort pendage nord de 60-80° qui diminue progressivement dans les marnes supérieures. Au Nord d'une petite dépression suggérant l'existence d'une série tendre, et à partir du coude à angle droit du ruisseau, on trouve de bas en haut :

— calcaires microcristallins, en gros bancs, gris beige (12 m). Faciès finement grumeleux et à menus débris d'Échinodermes et Brachiopodes, avec quartz atteignant 1/10 de millimètre, galets de calcaires noduleux, oolithes ébauchées; *Glomospira* sp.; *Haplophragmoides* sp.; *Frondicularia* gr. *pygmæa* Fr.; *Lenticulina* gr. *varians* Born.;

— calcaires peu marneux jaunâtres et calcaires fins, gris (15 m). Faciès à débris dispersés (Échinodermes dont *plutei*, Pélécypodes, etc.) ou microdétritiques — surtout Mollusques — avec abondants petits Lagénidés : *Frondicularia* gr. *pygmæa*; *Lingulina* gr. *tenera* Born., *Pseudoglandulina* sp.; et faciès à spicules uniaxes;

(Des marno-calcaires bleu noir, à débris épars, *dépourvus de « filaments »* et avec une microfaune voisine, ont été rencontrés au-dessous de la série calcaire dans un petit sondage implanté à l'aplomb de ce niveau.)

— calcaires finement gréseux, gris bleuté, alternant avec calcaires fins, gris fumée, souvent recristallisés (15 m). Faciès échinodermiques avec

petits Foraminifères : *Glomospira* sp.; *Arenovidalina* n. sp.; Verneuilinidés, etc. et faciès à spicules estompés;

— grès calcaires microconglomératiques gris avec passées rougeâtres (8 m). Les éléments, émoussés, qui atteignent jusqu'à 2 cm, sont constitués de quartz. Les débris d'Échinodermes et Brachiopodes sont à l'origine du ciment de calcite recristallisé. Aux Foraminifères agglutinants banaux (*Ammobaculites* sp., *Recurvoides* sp. ?, etc.) sont associés des fragments de grands Imperforés (cf. *Coskinolinopsis* et *Orbitopsella* sp.);

— calcaires pseudo-conglomératiques à « éléments » bleu sombre, fossilifères (4 m) avec sections de *Pinna* ou *Inoceramus* sp., Gastéropodes, Spongiomorphidés, Spongiaires, Algues avec *Palæodasycladus mediterraneus* Pia, *Cayeuxia* (*Solenopora*) *liasica* Le Mait., *Thaumatoporella* sp.; Foraminifères, avec débris d'*Orbitopsella præcursor* Gumb., Péneroplidés, *Spirillina* n. sp., *Arenovidalina* n. sp.; *Glomospira* sp.; grands Valvulinidés. Niveaux à Ostracodes abondants;

— calcaires sublithographiques crème clair, à patine blanche (2 m) à grands Foraminifères : *Haurania amiji* Hens. (d'abord rencontré seul, dans des faciès avec spicules, Brachiopodes, Inocérames et Ostracodes à section axiale caractéristique), *Orbitopsella præcursor* (forme B), *Coskinolinopsis primævus* Hens. (uniquement forme A), *Eggerella* sp., etc., à l'exclusion de débris d'Algues et Polypiers. A leur sommet, ces calcaires, alors en dalles centimétriques, contiennent seulement quelques valves d'Ostracodes, cependant que la texture craquelée suggère un milieu de dépôt laguno-lacustre. Ils sont surmontés par une série de marnes grises alternant avec des calcaires en bancs décimétriques, qui a fourni, à 3 m de la base, un exemplaire peu déformé d'*Arieticeras* sp., genre qui caractérise le Pliensbachien supérieur *pro parte* dans l'échelle marocaine. Les influences « littorales » sont limitées aux bancs de base avec la présence notable de glauconie, de débris d'Échinodermes, Lagénidés (*Lenticulina* cf. *bochardi* d'Orb., *Lagena oxystoma* Reuss.), et la rareté des Radiolaires dans ce faciès à abondants « filaments ». Après une dizaine de mètres, Radiolaires et filaments représentent 95 % des « organismes ». Ce milieu pélagique se poursuit dans la série supérieure de calcaires en gros bancs, à interlits marneux, avec quelques silex et fréquents *Cancellophycus*.

Reconnaissance de la Muleta. — Les calcaires fins prélevés à 15 m au-dessous des marno-calcaires pliensbachiens, contiennent des débris d'Inocérames (?) et de grands Imperforés : Réophacidés; Lituolidés dont *Lituosepta* sp. ([6]) avec *Frondicularia* gr. *pygmæa*, *Austrocolomia* sp., *Arenovidalina* n. sp., *Glomospira* sp., et des Ostracodes. Les microfaciès sont très proches de ceux des séries lotharingiennes de l'Aquitaine orientale et des Pyrénées.

Les calcaires marneux de la zone à *Uptonia jamesoni* d'Orb. ([5]) sont identiques aux marno-calcaires bleu noir qui ont été recoupés par un petit sondage implanté au coude du ruisseau de Cuber : *Frondicularia pygmæa*,

Lenticulina gr. *minuta* Born., *Glomospira* sp., *Spirophtalmidium* sp., *plutei* dispersés, et même absence de filaments.

Les conglomérats quartzeux de Muleta Gran se différencient de ceux de Cuber par la taille supérieure des éléments et l'absence fréquente de ciment calcaire. La zone à *P. mediterraneus* pourrait être retrouvée dans les « calcaires gris rose et les calcaires saccharoïdes bariolés » sus-jacents (niveau 13 à 17 de P. Fallot). Elle n'a pas été reconnue, jusqu'à présent, dans les conglomérats burdigaliens de Muleta Ca S'Hereu, où les éléments examinés sont d'âge antépliensbachien.

Conclusions. — Le Tithonique coralligène, avancé à Cuber sur la foi de pseudo-brèches à petits Polypiers et de mauvais fragments de Spirocyclines, n'est pas connu à ce jour dans les îles Baléares. L'âge pliensbachien de la série litigieuse de Cuber est en effet établi : elle renferme des niveaux équivalents au Pliensbachien basal (*U. jamesoni*) et est surmontée par une série pélagique débutant dans le Pliensbachien supérieur à *Arieticeras* sp. La présence de microconglomérats quartzeux à Cuber, également signalés au Pla de l'Ofre, à la Finca de Sa Coma [1] et correspondant à ceux, plus puissants et plus grossiers de la Muleta, indique le caractère régional des mouvements intra-pliensbachiens et suggère une origine [7] des matériaux au Nord-Ouest de la Sierra de Alfabia.

Le cortège de Foraminifères : *Orbitopsella* sp., *Coskinolina primævus* Hens., *Haurania amiji* Hens., *Arenovidalina* n. sp.; *Spirillina* n. sp. auréolant la zone à *P. mediterraneus* Pia, connu dans le Domérien du Maroc [[8], [9]] le Jurassique inférieur du Moyen-Orient [10], répertorié dans l'Apennin méridional [11] et récemment en Algérie dans le Lias moyen du djebel Nador (S. N. Repal) et caractérisé implicitement dans la région de Cadix [12], est donc intégralement retrouvé dans le Pliensbachien inférieur de la haute sierra septentrionale de Majorque. Si nous ajoutons les témoins connus de Chypre, de Grèce, de Croatie et des Alpes calcaires méridionales [13], les formations pararécifales du Lias moyen mésogéen apparaissent bien jalonnées de la mer d'Oman à la Cordillère bétique et au Prérif.

(*) Séance du 5 novembre 1962.
[1] P. FALLOT, *Thèse Sc.*, Paris, 1922.
[2] G. COLLOM, *Inst. Invest. Geol. Lucas Mallada*, 1947, p. 1-147.
[3] W. MAYNC, *Micropaleontology*, 1959, p. 33-68.
[4] PH. DUFAURÉ et G. NOUET, *Congrès Géologique international*, Copenhague, 1960.
[5] H. HERMITE, *Thèse Sc.*, Paris, 1879.
[6] F. CATI, *Giorn di Geol.*, 27, 1959, p. 1-10.
[7] G. COLOM, *Inst. Invest. Geol. Lucas Mallada*, 1956, p. 273-286.
[8] D. LE MAITRE et G. DUBAR, *Notes et Mémoires Serv. des Mines Maroc*, n° 34, 1935.
[9] G. NOUET et REY, Impr. E. J. Brill., Leiden, 1958.
[10] F. R. S. HENSON, *Brit. Mus. Nat. Hist. London*, 1948, p. 1-127.
[11] R. SANTONI et U. CRESCENTI, *Giornale de Geologica*, 1959, p. 1-25.
[12] P. CHAUVE, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 1960, p. 345-351.
[13] C. W. GUMBEL, *Abhandl. k. bayer. Ak. Winensch.*, 1872, p. 1-56.

(*Soller, Mallorca*
et *Laboratoire Compagnie Française des Pétroles, Bordeaux.*)

GÉOPHYSIQUE. — *Étude du temps de transit Soleil-Terre des perturbations géomagnétiques.* Note (*) de M. **Constantin Caroubalos**, présentée par M. André Danjon.

On formule une relation qui lie statistiquement le temps de transit Soleil-Terre des perturbations responsables des orages géomagnétiques à début brusque avec l'énergie radioélectrique rayonnée par les sursauts de type IV qui leur sont associés. On en déduit certaines conclusions relatives à l'influence des conditions interplanétaires.

Nous admettons, conformément à nos connaissances actuelles ([1]), que le moyen le plus sûr pour identifier sur le disque solaire l'éruption responsable d'un orage géomagnétique à début brusque (SSC) est l'émission radioélectrique de type IV ([2]) : nous avons trouvé en effet que 77 % des SSC sont rattachables à des éruptions chromosphériques accompagnées de sursauts de type IV; le début de l'orage géomagnétique, c'est-à-dire l'arrivée au voisinage de la Terre de la région frontale de la perturbation issue du Soleil, présente par rapport à l'éruption associée un retard variable Δt (de l'ordre de 2 jours) qui dépend probablement à la fois des caractéristiques magnétodynamiques de la perturbation et des conditions qui règnent dans l'espace interplanétaire traversé [([3]), ([4]), ([5])]. Nous avons étudié les variations de Δt, en nous servant des sources expérimentales portant sur une durée de trois ans (janvier 1958-décembre 1960).

Nous avons d'abord recherché s'il existait une dépendance entre Δt et certaines caractéristiques de l'éruption solaire. Une étude statistique montre que l'influence de l'importance optique de l'éruption sur Δt est faible : ceci est visible sur la figure 1 (où sont portés les temps de retard Δt moyens correspondant à des éruptions d'importance croissante) et a déjà été noté ([6]).

On obtient une dépendance beaucoup plus nette si l'on caractérise l'éruption associée à l'orage par l'importance du sursaut de type IV qui l'accompagne; nous avons caractérisé cette importance par le produit du maximum de la densité de flux rayonné au voisinage de 3 000 MHz par la durée du sursaut : le produit E caractérise approximativement l'énergie rayonnée dans le domaine des ondes centimétriques; cette énergie s'est déjà révélée un indice significatif pour caractériser l'importance d'une éruption [([7]), ([8])].

Le diagramme des valeurs moyennes de log E et de Δt est indiqué figure 2 et montre qu'il existe statistiquement une loi de dépendance linéaire entre ces deux grandeurs, dont l'expression (déterminée par la méthode des moindres carrés) s'écrit

$$\Delta t = 2{,}8 - 0{,}6 \log E; \qquad (1)$$

Δt est mesurée en jours et E en $10^{-17}\,\mathrm{J.m^{-2}.Hz^{-1}}$.

Cette relation permet de préciser le temps de retard Δt le plus probable qui correspond à une éruption d'importance E donnée.

Le coefficient de corrélation linéaire entre log E et Δt est égal à 0,74; les écarts types, portés sur la figure 2, augmentent pour les événements de faible énergie et ceci reflète probablement le fait que l'influence des conditions interplanétaires est, pour ces événements, plus marquée.

On note que la dispersion des délais qui correspondent aux éruptions les plus importantes est seulement de l'ordre de quelques heures.

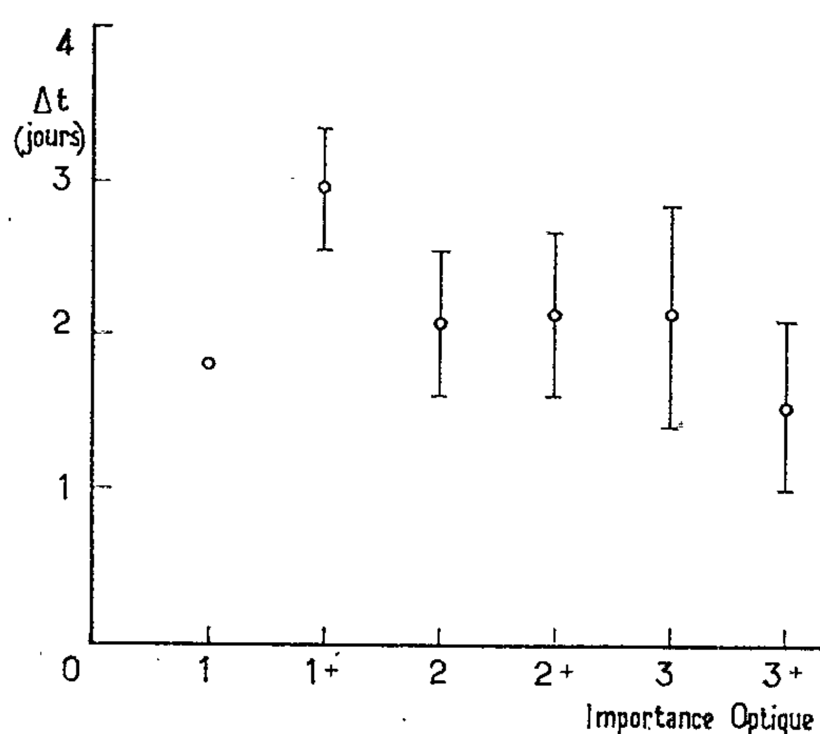


Fig. 1.

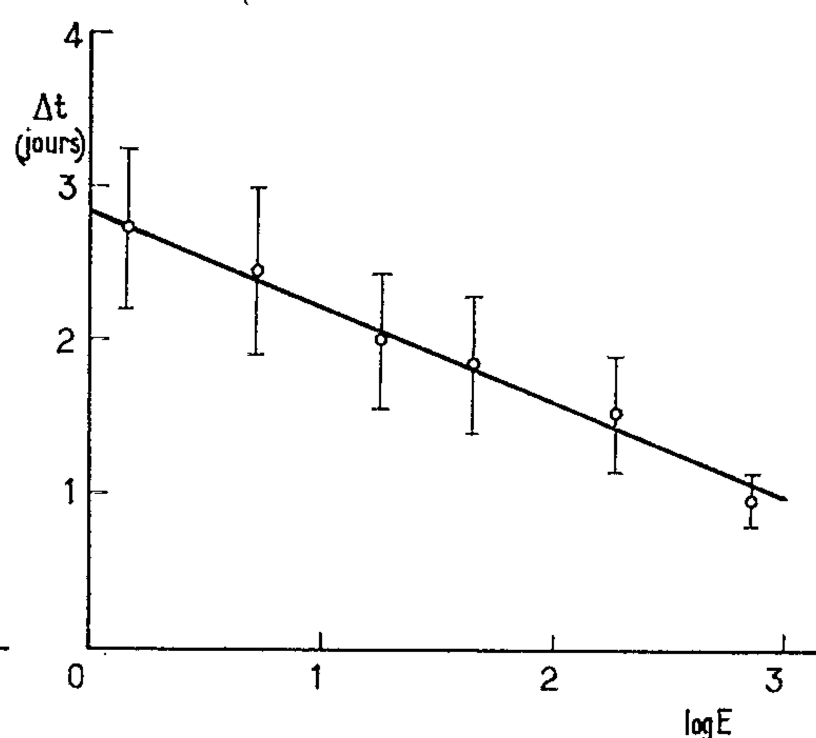


Fig. 2.

On peut apprécier un certain aspect du rôle des conditions interplanétaires en considérant les Δt qui correspondent à des orages qui succèdent dans un délai de l'ordre de quelques jours à un orage précédent. On peut penser en effet que le passage de la perturbation du premier orage modifie de façon assez durable les conditions interplanétaires, et l'on a déjà remarqué qu'effectivement les délais correspondant aux orages seconds étaient statistiquement plus courts ([9]).

Cependant, comme ces orages seconds sont souvent plus intenses que les premiers, nous avons reconsidéré ce phénomène en corrigeant l'effet dû à l'importance du sursaut de type IV, c'est-à-dire en réduisant les délais observés à une valeur commune de l'énergie E à l'aide de la formule (1). Nous nous bornerons à décrire ici les résultats de cette étude où nous avons considéré comme orage second tout orage qui s'est produit dans un délai de trois jours après un premier orage.

1. Le délai Δt qui correspond aux orages seconds est en moyenne de 8 h inférieur aux délais moyens correspondant aux autres orages. Ce chiffre diffère sensiblement des 21 h rapportées d'autre part ([9]).

Cet effet de succession existe en moyenne même pour les orages qui ne proviennent pas du même centre d'activité que l'orage premier.

2. Pour les orages seconds, la dispersion de toutes les valeurs de Δt observées diminue sensiblement après réduction par la formule (1) : l'écart type passe de 8,3 à 4,8 h après réduction avec un Δt moyen de 44 h.

Par contre, pour les autres orages, c'est-à-dire les orages premiers et les orages isolés, la dispersion est plus grande et ne diminue pratiquement pas : l'écart type passant de 12,8 à 12,4 h pour un Δt moyen de 52 h.

Les résultats qui viennent d'être décrits révèlent deux effets importants :

D'une part, ils confirment qu'une perturbation qui suit dans un délai de quelques jours une perturbation première, traverse l'espace interplanétaire dans des conditions telles qu'elle s'y propage plus rapidement que la perturbation initiale.

Ils montrent, d'autre part, que les conditions de propagation rencontrées par la perturbation seconde sont beaucoup plus régulières que celles que rencontrent les premières perturbations et que ces conditions relativement stables subsistent manifestement pendant plusieurs jours.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) P. Simon, *Ann. Astrophys.*, 28, 1960, p. 1.
(2) A. Boischot, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1326.
(3) V. Ferraro, *J. Geophys. Res.*, 57, 1952, p. 15.
(4) T. Gold, *J. Geophys. Res.*, 64, 1959, p. 1665.
(5) T. Obayashi et Y. Hakura, *Report of ionosphere research in Japan*, 14, 1960, p. 427.
(6) H. Dodson et E. Hedman, *J. Geophys. Res.*, 63, 1958, p. 77.
(7) Y. Avignon et M. Pick, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 368.
(8) M. Pick-Gutman, *Thèse* (*Ann. Astrophys.*, 24, 1961, p. 183).
(9) T. Obayashi, *J. Phys. Soc. Japan*, 17, suppl. A II, 1962, p. 572.

(*Observatoire de Paris-Meudon.*)

SÉISMOLOGIE. — *Courbure générale de la couche de Mohorovicic suivant l'azimut à partir d'un point de tir, d'après les amplitudes sismiques au loin.* Note (*) de MM. **Pierre Mechler** et **Yves Rocard**, présentée par M. Francis Perrin.

Les indications fournies par la séismologie sur la courbure de la discontinuité de Mohorovicic suivant les divers azimuts autour d'un point semblent en bonne corrélation avec les anomalies gravimétriques. Une explosion nucléaire au Sahara en fournit un exemple.

Nous avons montré, dans une Note précédente [1], que les amplitudes plus ou moins fortes des ondes P au loin permettaient d'obtenir une indication de la courbure de la couche Mohorovicic dans une petite région sous la source, en fait sous une grosse explosion en surface. Nous avons donné une application au cas de l'explosion nucléaire française du 1er mai 1962, vers 24° Nord et 5° Est, qui s'est trouvée assez forte pour donner des signaux sur toute la partie de la Terre accessible aux arrivées d'ondes P. Les indications de courbure que nous en avons déduites sont reproduites sur la figure 1, où le point S est situé aux coordonnées indiquées. Les signes + et — indiquent des courbures concaves vers le haut et vers le bas respectivement. Le signe O indique une courbure peu marquée.

Sur une carte gravimétrique générale de l'Europe et de l'Afrique du Nord, qui semble être le seul document accessible, nous avons pu relever des anomalies Bouguer de la région entourant le point S, au Hoggar, reproduites sur la figure 2, en rappelant que le tracé de la carte d'origine est grossier.

Si l'on accepte l'idée simple que les courbes iso-anomalies représentent une image des lignes de niveau (en profondeur) de la couche Mohorovicic, ce qui peut être accepté dans le cas d'une composition uniforme en profondeur, on peut d'après ces courbes se figurer les profils possibles de la couche Mohorovicic dans divers azimuts à partir du point 24° Nord et 5° Est.

La figure 3 donne l'allure des trois profils qu'on trouve ainsi pour les directions Ouest-Est, Nord-Sud et Nord-Ouest Sud-Est. Il est clair que, en réalité, la couche Mohorovicic peut être beaucoup plus accidentée à petite échelle que ne l'indiquent ces courbes, et que si l'on admettait ces profils avec une échelle d'altitude raisonnable, avec une croûte uniforme, les anomalies Bouguer à la surface seraient probablement atténuées par rapport à ce qui est mesuré.

Si néanmoins on accepte cette allure générale, il n'y a pas contradiction entre les conclusions sismiques (*fig.* 1, qui permettrait aussi de tracer une allure des profils Mohorovicic) et les indications gravimétriques, comme il ressort des courbures +, O, — marquées sur la figure 3.

La notion que les amplitudes sismiques au loin sont déterminées par une focalisation (positive ou négative) sous la source, et une focalisation

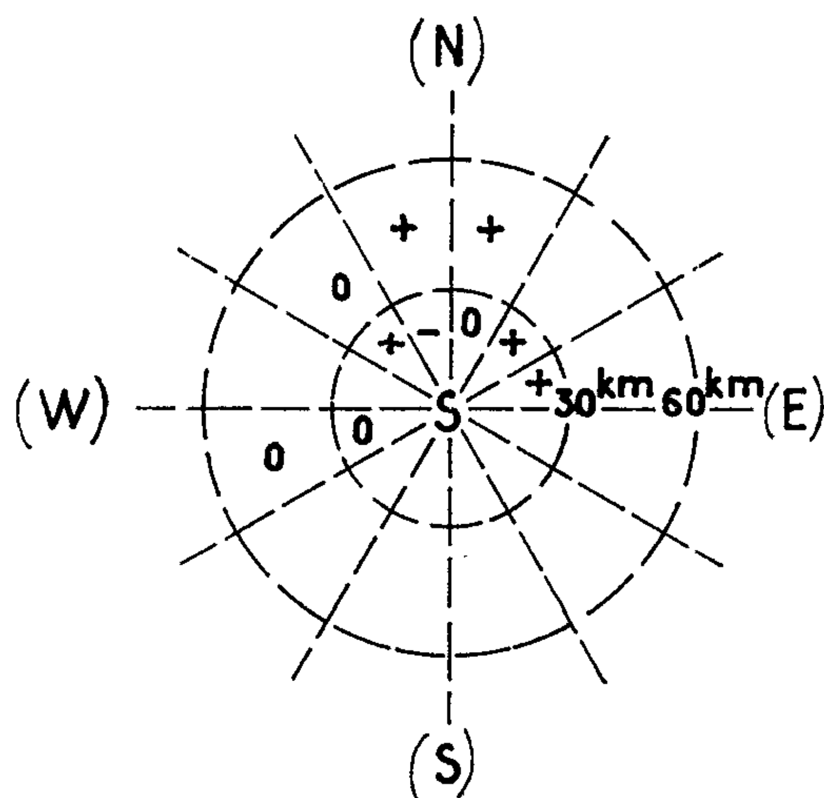


Fig. 1. — Courbures suggérées pour la couche Mohorovicic.

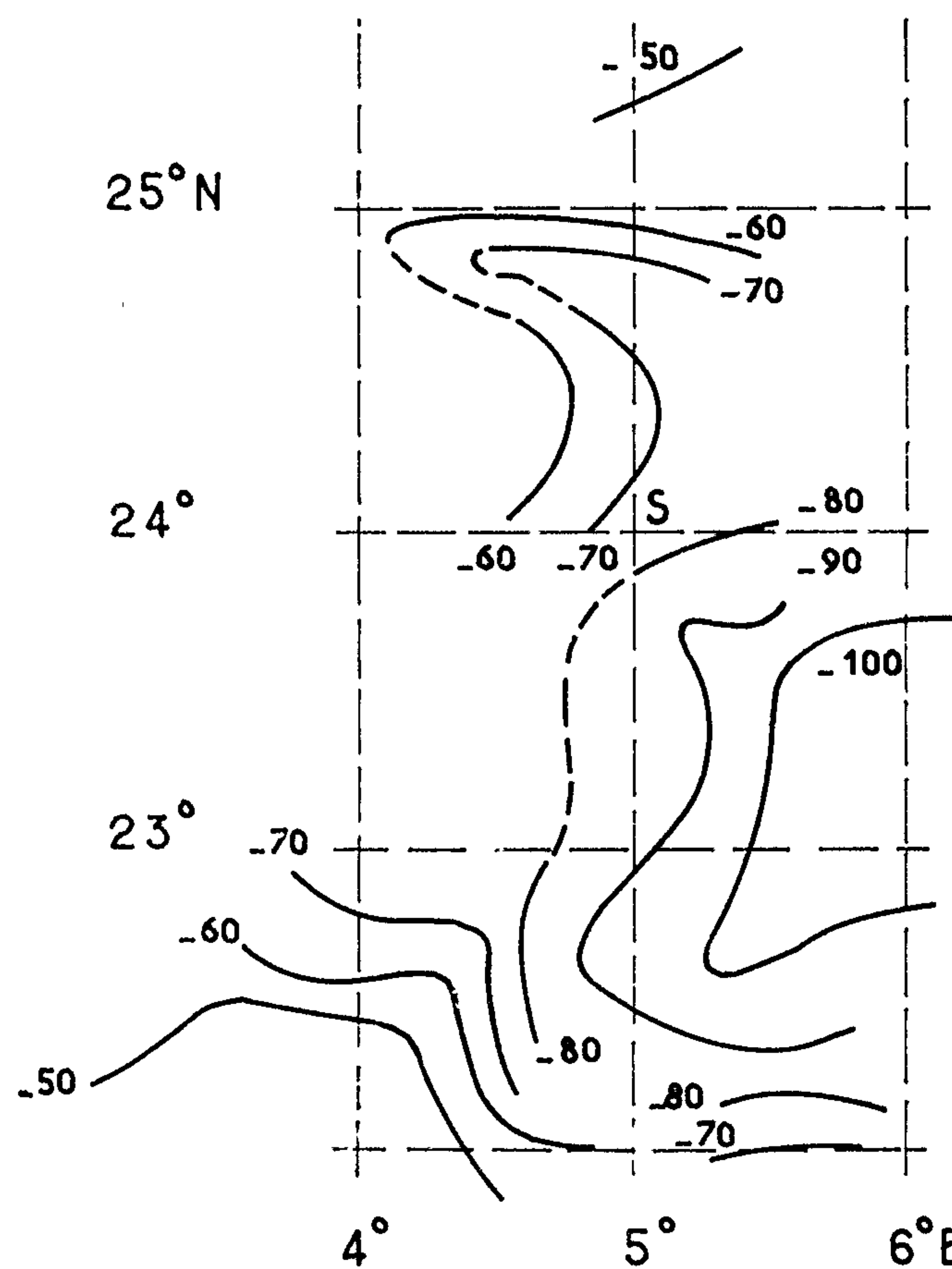


Fig. 2. — Anomalies gravimétriques de Bouguer au Hoggar.

semblable sous le sismographe, tandis que la propagation dans tout le manteau est uniforme en azimut et régulièrement et lentement variable

en distance, peut s'étendre à celle d'un facteur-source et d'un facteur-station où d'autres causes que la focalisation interviendraient : par exemple, l'effet des *grandes failles*, que nous examinerons dans une autre publication.

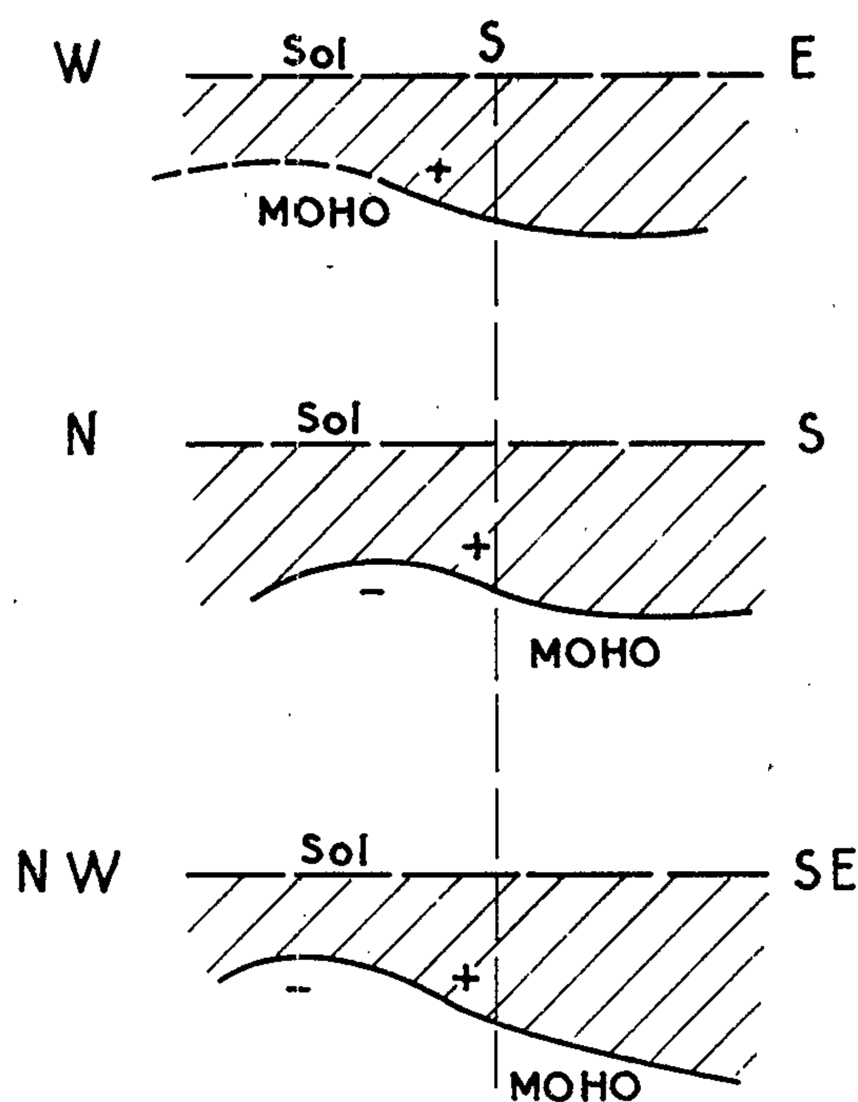


Fig. 3. — Profils de la couche Mohorovicic.

Cette notion générale d'un facteur source et d'un facteur station dans la valeur de l'amplitude sismique (à magnitude ou plutôt à énergie émise donnée), facteurs ne comportant pas de gros effets d'absorption, comporte d'ailleurs une conséquence géométrique très simple, qui est que l'énergie qu'on ne trouve pas en un point donné doit se retrouver ailleurs. Ceci aide beaucoup à prévoir l'efficacité de réception des stations sismiques dans certaines directions quand on a pu se faire une idée de leur efficacité dans d'autres azimuts.

(*) Séance du 29 octobre 1962.
(1) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2490.

SÉDIMENTOLOGIE. — *La chute de neige colorée du* 16 *avril* 1962 *dans les Alpes*. Note (*) de MM. **Pierre Bellair** et **André Poisson**, présentée par M. Jacques Bourcart.

Le 16 avril 1962, une chute de neige fortement colorée (et une pluie boueuse en basse altitude) signalée à l'époque par la presse quotidienne et le *Bulletin météorologique national*, a affecté une dizaine de départements français des Hautes-Alpes au Jura et une partie de la Suisse et de l'Italie du Nord. La surface où le phénomène a été enregistré n'est pas inférieure à 60 000 km² et approche peut-être 100 000. La coloration a été attribuée par la Météorologie nationale, au vu de la distribution des vents, à des poussières sahariennes [1].

Un échantillon a été recueilli par un des auteurs (P. B.) à l'Alpe de Venosc (Isère) dans les conditions suivantes : enlèvement de la couche de neige sur une surface de 0,5 m² le deuxième jour après la chute (pour permettre un tassement de la couche) : la fusion donne 3,5 l d'eau et 2,713 g de résidu sec. Cette donnée extrapolée à la totalité de la surface affectée amène à une quantité globale comprise entre 10^5 et 10^6 t. La couleur de la poudre recueillie est, pour l'échantillon sec C 62 (brun très pâle) du code expolaire de Cailleux et Taylor et pour l'échantillon mouillé H 64 (brun foncé) du même code.

Les 2,713 g recueillis ont été soumis à une analyse granulométrique, à un examen diffractométrique et à une étude de la radioactivité.

L'analyse granulométrique a montré une fraction (20 %) de grains de taille supérieure à 35 μ, en grande partie d'origine locale (grains grossiers soufflés par le vent); 80 % de la masse étaient constitués de grains d'un diamètre inférieur à 35 μ et fortement colorés, même à sec. La médiane de cette fraction se situe à 11,5 μ et les quartiles 1 et 3 respectivement à 3 et 23 μ.

La courbe cumulative en coordonnées semi-logarithmiques (*fig.*) est fortement redressée, assez différente d'un lœss (donné pour comparaison : lœss du plateau d'Orly) [2].

L'analyse minéralogique au diffractomètre montre les éléments suivants dans l'ordre décroissant : quartz, mica, chlorite, kaolinite; traces de feldspaths, de feuillets gonflants et de feuillets d'argiles fibreuses. Il n'y a pas trace de coesite, dont les raies sont caractéristiques.

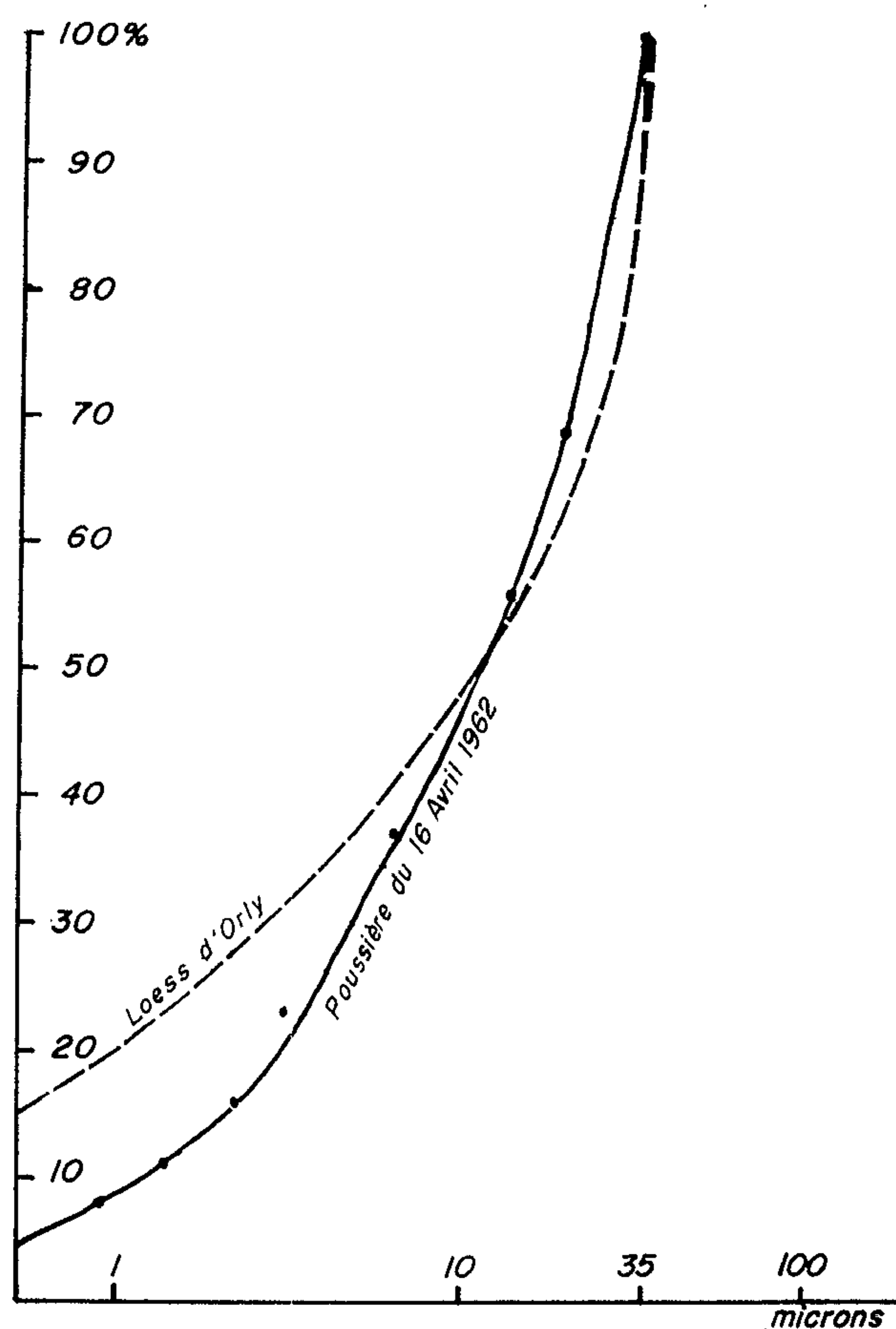
Cette répartition est nettement différente de celle des habituelles poussières sahariennes, toujours constituées de quartz ultradominant, sinon exclusif.

Ces minéralogie et granulométrie particulières ont incité les auteurs à tenter une étude de la radioactivité, malheureusement entreprise tardivement (le 27 juillet 1962) par rapport à la date de la récolte.

Celle-ci a donné les résultats suivants :

a. sur un gramme d'échantillon 950 coups/mn ($\beta + \gamma$). A titre de comparaison un gramme de lœss du plateau d'Orly donne 3 à 4 coups/mn (appareil TGC 2 type compteur Geiger);

b. l'étude de la radioactivité sur les diverses fractions granulométriques montre que la radioactivité est, à masse égale, 10 fois plus forte sur la fraction de taille inférieure à 1 μ que sur la fraction 35 μ. On peut dire que la radioactivité est pratiquement localisée dans les grains de taille inférieure à 10 μ;



c. enfin une étude du rayonnement γ seul avec un spectromètre gamma plus sensible, a donné 2 032 contre 28 coups/mn pour le lœss de comparaison.

Un essai a été fait le 4 septembre et un deuxième le 18 septembre pour tenter d'apprécier la période globale ; elle se révèle très courte : 814 coups/mn le 4 septembre pour l'échantillon *a* au lieu de 950 le 27 juillet et une diminution de 224 à 209 (appréciée sur un total de 20 000 coups/mn) du 4 au 18 septembre pour 15 mg de la fraction inférieure à 1 μ. La période globale doit être de l'ordre de 200 jours, et au moment de la chute l'échan-

tillon *a* aurait sans doute montré 1500 coups/mn environ, soit une radioactivité 500 fois supérieure à celle de l'échantillon témoin de lœss classique.

Les conclusions générales de cette étude semblent être les suivantes :

1. La nature de cette sédimentation éolienne est légèrement différente des lœss classiques.

2. Il ne semble pas que l'origine soit saharienne, au moins totalement.

3. La fraction fine provient en grande partie d'une explosion nucléaire probablement récente (quelques mois avant la chute).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) Météorologie Nationale, *Bulletin quotidien d'études*, 17 avril 1962.

(2) Pris dans A. MOTAMED, *Thèse 3e cycle*, Paris, 1961.

(*Laboratoire de Géologie S. P. C. N., Paris* et *Laboratoire de Sédimentologie, Orsay*.)

OCÉANOGRAPHIE PHYSIQUE. — *Résultats de 14 stations hydrologiques dans l'Iroise et à ses abords.* Note (*) de M. **Félix Hinschberger**, présentée par M. André Gougenheim.

Au cours d'une mission océanographique en juillet-août 1962 à bord du navire de recherches du C. N. R. S. *Kornog*, 14 stations hydrologiques ont été effectuées sur les directives de M. A. Guilcher dans le but de connaître la stratification thermique verticale des eaux dans l'Iroise (petite mer bordière située devant le Finistère entre les îles de Sein et d'Ouessant), et à ses abords. On a procédé à l'aide d'une bouteille Petterson-Nansen, munie d'un thermomètre donnant le demi-dixième de degré centigrade, immergée à des profondeurs standard jusqu'au plus près possible du fond. La station la plus profonde (n° 1) a été exécutée à 150 m, sur la fosse d'Ouessant.

La figure et le tableau ci-après appellent les commentaires suivants :

1° La plupart des stations de l'Iroise (n°s 7, 8, 9, 10 et 12) présentent une stratification thermique régulière, les températures décroissant plus ou moins linéairement de la surface au fond. Le gradient thermique est assez faible, et variable selon les cas, de l'ordre de 1 à 0°,5 pour 50 m.

2° Les stations plus au large, à l'extérieur de l'Iroise (n°s 2 et 3), présentent une nette discontinuité thermique, entre 10 et 20 m, avec une chute brutale de l'ordre de 4°. L'eau plus tiède en surface (16°) se rafraîchit brusquement à cette profondeur, puis reste à peu près homotherme jusqu'au fond autour de 12°. La station n° 11, également au large, est du même type, mais avec moins de netteté.

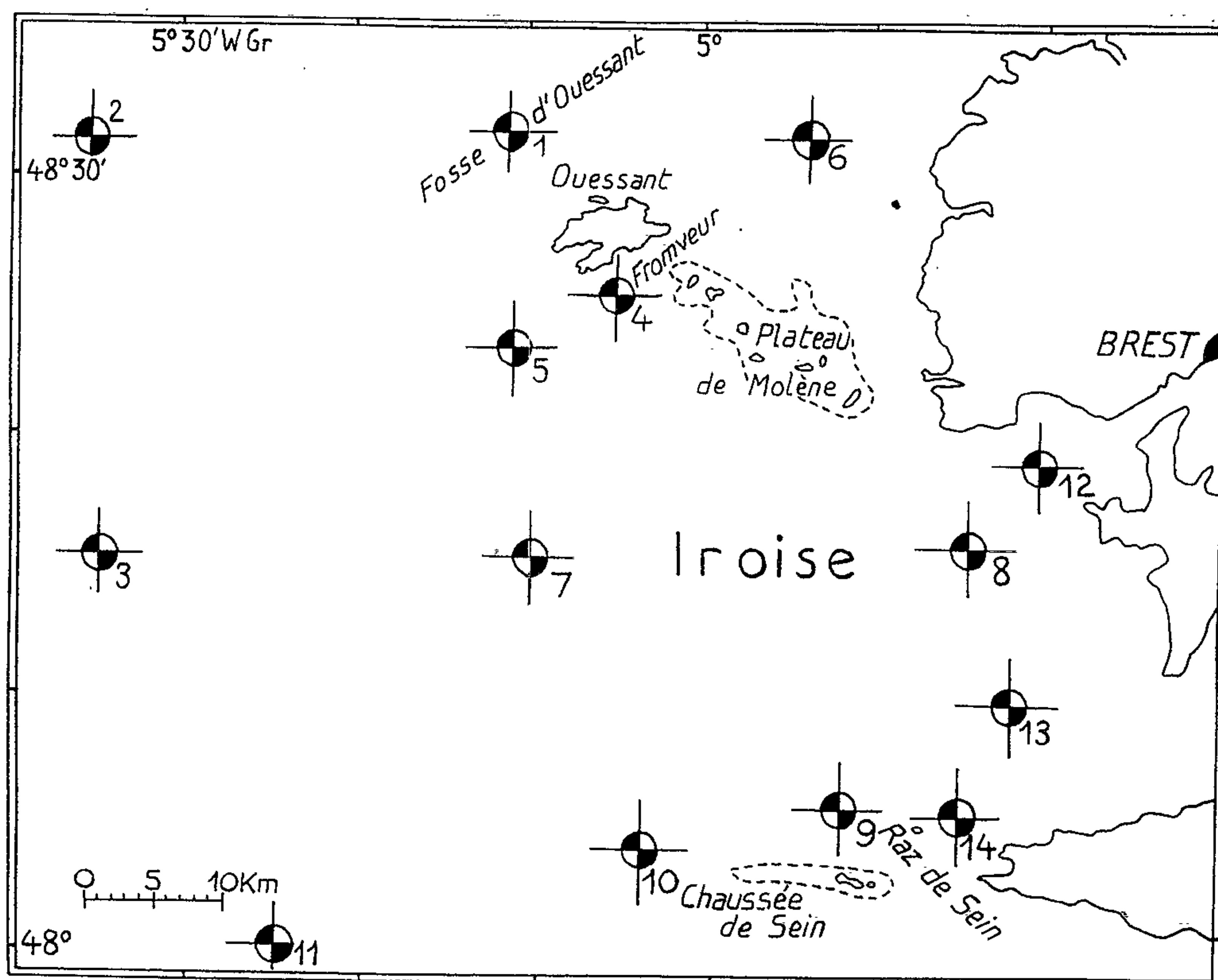
3° Les stations (n°s 1, 4, 5 et 6) situées sur la fosse d'Ouessant, dans le Fromveur et aux débouchés de ce détroit, sont parfaitement homothermiques de la surface jusqu'au fond. L'eau y est à 13°, ce qui représente une moyenne entre les températures des deux couches du large.

Ces différences semblent bien être en rapport avec les courants de marée : l'homothermie est d'autant plus parfaite que ces courants, qui brassent l'eau sur toute son épaisseur, sont plus violents. Effectivement les courants les plus rapides sont ceux de l'entrée de la Manche, au Nord de l'Iroise, dans les parages d'Ouessant; on voit qu'ils agissent jusqu'au fond de la fosse (150 m). De même l'homothermie parfaite des stations n°s 4, 5 et 6 est à mettre au compte du puissant courant du Fromveur. Des conséquences semblables des courants de marée ont été soulignées naguère par Dietrich pour la Manche centrale [1], et Cooper semble les avoir présumées pour l'Iroise, sans les caractériser en détail [2].

On peut s'étonner que la station n° 14, au débouché du Raz de Sein, qui est lui aussi le siège de courants violents, n'ait pas enregistré la même homothermie que les stations du Fromveur. C'est qu'elle a été faite dans

	Numéros des stations													
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.
Localisation :														
Latitude Nord :														
48°	31′30″	31′	15′	25′	23′	31′	15′	15′	05′	04′	00′	18′	09′	04′30″
Longitude Ouest	5°11′	5°35′	5°35′	5°05′	5°11′	4°54′	5°10′	4°45′	4°52′	5°04′	5°25′	4°41′	4°43′	4°46′
Profondeur (m)	160	115	120	50	95	65	100	50	60	80	115	30	50	40
Conditions de marée (V.E. : vive-eau; M. E. : morte-eau)	Fin V. E.	Début V. E.	Début V. E.	Fin V. E.	Fin V. E.	Fin V. E.	Début M. E.	Fin V. E.	Fin V. E.	Début M. E.	Début M. E.	Fin M. E.	Fin V. E.	Fin M. E.
Jour, mois	22 juil.	18 juil.	18 juil.	22 juil.	22 juil.	23 juil.	24 juil.	3 août	4 août	8 août	8 août	13 juil.	3 août	14 août
Température (°C) :														
à 2 m	13,1	16,1	16,5	13,3	13,2	13,2	13,8	15,1	14,6	14,6	16,1	15,8	16,0	15,1
à 10	13,1	16,05	16,5	13,25	13,1	13,2	13,4	15,0	14,5	14,25	15,0	15,4	14,7	14,7
à 20	13,0	12,1	13,1	13,25	13,0	13,2	13,3	14,7	14,4	14,2	14,5	15,2	14,6	14,3
à 30	13,1	12,0	11,8	13,3	13,0	13,2	13,3	14,2	14,2	14,15	12,6	-	14,6	14,2
à 50	13,1	12,0	11,8	13,3	13,0	13,1	13,1	13,8	14,1	14,1	12,0	-	14,5	-
à 75	13,05	11,85	11,75	-	13,0	-	12,9	-	-	13,9	11,9	-	-	-
à 100	13,0	11,9	11,8	-	-	-	12,55	-	-	-	11,9	-	-	-
à 150	13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

des conditions de marée bien différentes : à la fin d'une morte-eau, alors que les stations du Nord ont été occupées aussitôt après une marée de vive-eau. Or la vitesse des courants de marée varie du simple au double quand le coefficient de la marée passe de 45 à 95 (morte-eau moyenne à vive-eau moyenne).



Localisation des stations hydrologiques.

Pour éliminer ces variations dues aux conditions de marée différentes (et comme on ne peut évidemment occuper toutes les stations le même jour), on se propose de refaire tous les ans, pendant cinq ans au moins, la même série de stations. On sera peut-être alors en mesure de donner des précisions de portée générale sur la stratification thermique des eaux de l'Atlantique au voisinage des côtes de Bretagne, en été, et d'en tirer des renseignements sur les courants, qui règlent eux-mêmes les conditions de la sédimentation, objet principal de nos recherches dans l'Iroise et à ses abords.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(¹) G. DIETRICH, *Deutsche Hydr. Z.*, 3, 1950, p. 184-201.

(²) L. H. N. COOPER, *J. Mar. Biol. Ass. Un. Kingd.*, 39, 1960, p. 173-174.

(*Institut de Géographie de l'Université de Caen.*)

AÉRONOMIE. — *Un événement géophysique d'un type nouveau lié à l'éruption solaire du 3 juillet 1957 et observé à la Station antarctique Dumont d'Urville.* Note (*) de MM. **André Lebeau** et **Gilbert Weill**, présentée par M. Jean Coulomb.

L'éruption du 3 juillet 1957 et le sursaut radioélectrique de type IV associé se décomposent en deux événements distincts : le premier atteint son maximum à 7 h 40 m T. U., le second qui est aussi le plus intense, à 8 h 40 m T. U. Cette structure apparaît nettement sur les images obtenues avec le spectrohéliographe de l'Observatoire de Meudon ([1]), sur la courbe de lumière qui en a été tirée (courbe 1) et sur l'enregistrement (station radioastronomique de Nera) (courbe 2) de l'intensité de l'émission solaire sur 2 980 MHz.

Quatre heures après le début de cet événement, nous avons été les témoins, à la station Dumont d'Urville (coordonnées géomagnétiques : 230°9′E; 75°6′S) d'un événement de caractère inhabituel.

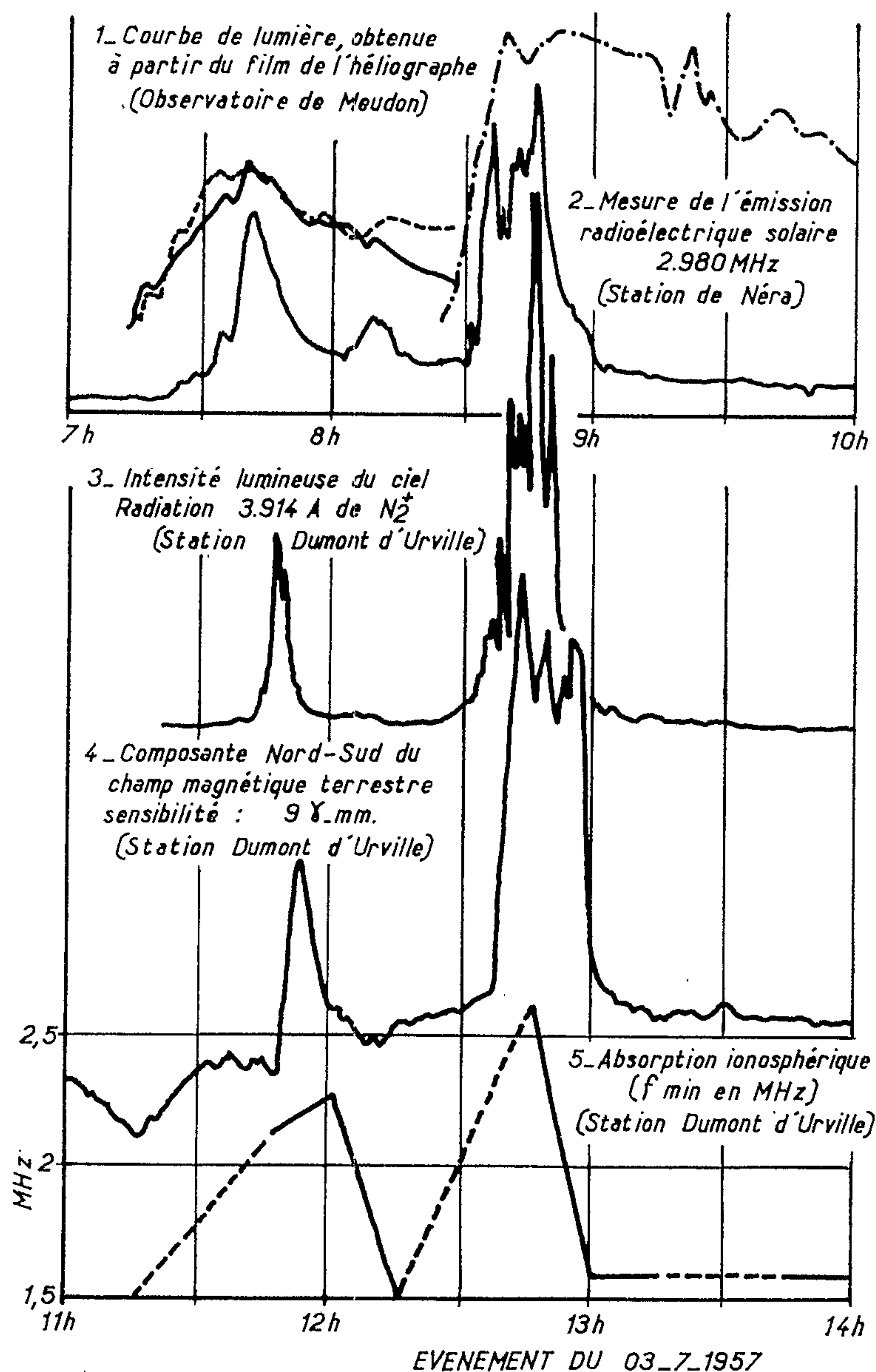
A cette époque, les magnétographes de la station sont en fonctionnement continu, des sondages ionosphériques sont effectués à chaque heure ronde et aux quarts d'heure encadrant l'heure ronde, enfin, ce jour-là, malgré des circonstances atmosphériques défavorables, un photomètre photoélectrique est en fonctionnement. Le ciel est uniformément couvert par les nuages et l'intensité lumineuse qui provient des diverses régions du ciel est de ce fait intégrée.

Les courbes 3, 4 et 5 montrent l'aspect du phénomène observé sur l'intensité lumineuse du ciel (bande 3 914 Å de N_2^+ IN), la composante Nord-Sud du champ magnétique terrestre et la fréquence minimale observable des sondages ionosphériques, dont l'augmentation est caractéristique d'un renforcement de l'ionisation dans la région D.

A 11 h 43 m T. U., l'intensité de la raie 3 914 Å commence à augmenter et se trouve multipliée par 8 en moins de 5 mn; simultanément une forte perturbation magnétique se produit qui se traduit par une diminution de 325 γ de la composante Nord-Sud, et une absorption ionosphérique anormale apparaît. A 11 h 56 m l'émission lumineuse a retrouvé un niveau normal et la perturbation magnétique a disparu; la fréquence minimale est encore élevée mais elle reprend sa valeur initiale à 12 h 15 m. A 12 h 30 m une nouvelle montée s'amorce sur le photomètre et un maximum de plus de 20 fois le niveau de base est atteint vers 12 h 50 m. Compte non tenu de la saturation possible du photomultiplicateur et en supposant l'émission uniformément répartie sur tout le ciel, ce second maximum correspond à une intensité de 5.10^4 rayleighs, valeur qui n'a été approchée que deux fois, au cours d'aurores intenses, pendant les quelque 500 h d'observations photométriques obtenues en 1957 à la station d'Urville.

Dans le même temps, la composante Nord-Sud du champ magnétique décroît de 492 γ et la fréquence minimale atteint 2,6 MHz.

Le retour au calme s'effectue très rapidement et à 13 h toute manifestation anormale a disparu. Cependant à 15 h le P. C. A. mondial qui a commencé à se manifester dès 9 h 15 m dans certaines régions s'installe



EVENEMENT DU 03_7_1957

à d'Urville et le black-out est total jusqu'au 4 juillet à 8 h T. U.; enfin le 4 juillet à 23 h 42 m et le 5 juillet à 0 h 42 m, c'est-à-dire à 1 h d'intervalle surviennent deux débuts brusques mondiaux.

La similitude des courbes qui concernent l'événement solaire et des courbes enregistrées à d'Urville, l'identité de l'écart de temps entre les

maximums, les intensités relatives de ces maximums conduisent à penser que la station Dumont d'Urville a observé une arrivée très intense de particules dures émises par le Soleil au cours de l'éruption. L'étroite localisation de ce phénomène est attestée par les observations aurorales et magnétiques des stations avoisinantes qui ne montrent rien d'exceptionnel.

Pour expliquer l'ensemble des observations, il semble nécessaire d'admettre qu'un flux intense de particules solaires a été émis au moment des deux maximums de l'éruption. Ces particules se sont propagées librement entre le Soleil et la Terre, et, pour un domaine d'énergie défini, ont été focalisées par le champ magnétique terrestre dans une ou plusieurs zones étroitement délimitées ([2]).

Le temps de propagation Soleil-Terre a été de 4 h 2 $\pm$ 5 mn ce qui, pour des particules se propageant en ligne droite et à une vitesse constante, correspondrait à une vitesse $v = 1{,}03 \,.\, 10^9$ cm/s. Des électrons ayant cette vitesse ne pourraient parvenir ni à la latitude, ni à l'altitude requise pour expliquer les effets optiques et ionosphériques observés. Par contre un flux de protons offre des caractéristiques satisfaisantes.

Il s'agit là d'un événement d'un type nouveau, différent notamment de ceux qui produisent les effets connus sous la dénomination de P. C. A. et de P. C. G. [([3]), ([4]), ([5]), ([6])]. En particulier, c'est la première fois à notre connaissance qu'une perturbation magnétique peut être attribuée directement à une arrivée de protons solaires. L'intensité du bombardement protonique révélé par les observations optiques et l'étroite localisation du phénomène peuvent rendre compte de cette particularité.

G. Olivieri, M. Moutadian et M. Pick de l'Observatoire de Meudon, S. Cartron du Groupe de Recherches ionosphériques et R. Schlich de l'Institut de Physique du Globe nous ont assistés dans l'obtention et l'interprétation des données présentées dans cette Note.

(*) Séance du 22 octobre 1962.

([1]) M. d'Azambuja, G. Olivieri et J. Rayrole, *J. Soc. Astron. Fr.*, septembre 1957, p. 337.

([2]) T. Kelsall, *J. Geoph. Research*, 66, n° 12, 1961, p. 4047.

([3]) H. Leinbach et G. C. Reid, *J. Geoph. Research*, 64, 1959, p. 1801.

([4]) B. P. Sandford, *Nature*, 190, 1961, p. 245.

([5]) B. P. Sandford, *Arctic Institute of North America*, Res. Pap. n° 18, 1961.

([6]) G. Weill, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3402.

(*Groupe de Recherches Ionosphériques et Institut d'Astrophysique.*)

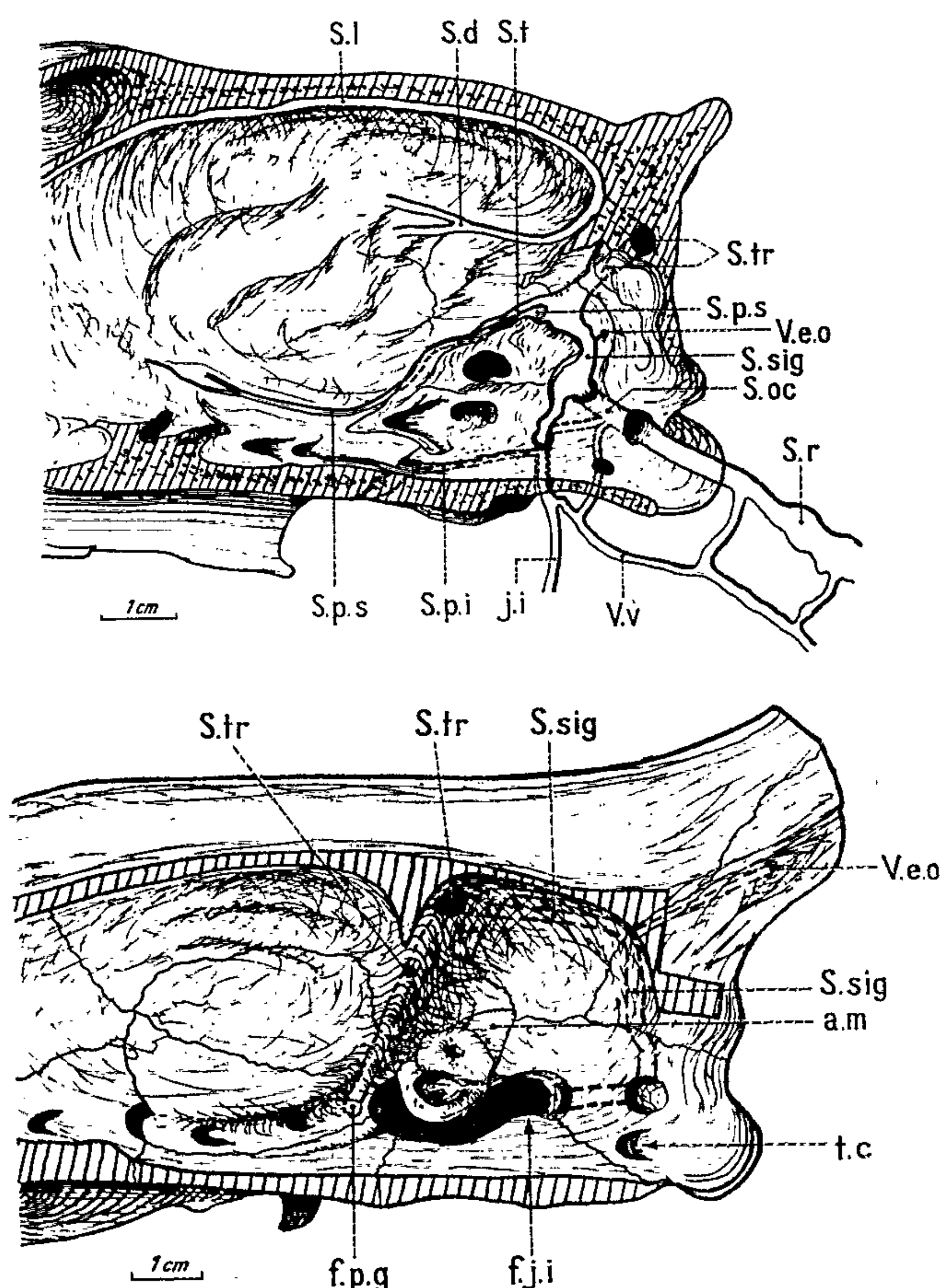
PALÉONTOLOGIE. — *Au sujet du système veineux de l'arrière-crâne de Carnivores fossiles.* Note de M. **Christian Guth**, présentée par M. Jean Piveteau.

Dans un essai de retrouver la disposition de l'appareil sanguin au niveau de l'arrière-crâne chez quelques Carnivores fossiles, nous avons pu observer des variations importantes dans le trajet et la configuration des sinus veineux et des veines. A ce sujet, il est peut-être intéressant de signaler dès maintenant le cas particulier de *Pterodon* du groupe des Carnivores Créodontes. Pour en faire saisir toute la singularité, j'exposerai d'abord les caractéristiques essentielles de la circulation veineuse du crâne chez les Carnivores actuels (*fig.*).

Dans une gouttière sagittale très ouverte de la voûte crânienne, longeant la suture interpariétale, court le sinus longitudinal supérieur qui, rejoint en arrière par le sinus droit, pénètre dans le supraoccipital par un orifice médian au-dessus de la tente osseuse du cervelet, pour se déverser dans le sinus transverse. Celui-ci suit, le long de la suture entre pariétal et supraoccipital, puis entre squamosal et rocher, un sillon partiellement fermé en canal. Ce dernier se continue à travers le squamosal par le canal temporal dans lequel le sinus transverse se prolonge par le sinus temporal. Ce sinus, à son tour, est relayé à partir du foramen post-glénoïdien, par la veine post-glénoïdienne qui se jette dans la veine maxillaire interne, rameau essentiel de la jugulaire externe. Chez les Canidés le sinus temporal suivi de la veine post-glénoïdienne constituent une voie appréciable pour l'écoulement du sang veineux. Mais celui-ci quitte le crâne principalement par l'intermédiaire du sinus sigmoïde, placé en arrière de la pyramide pétreuse dans une large dépression allongée, portée par la face antéro-interne de l'apophyse mastoïde du rocher et de la portion latérale de l'exoccipital. C'est à l'extrémité supérieure du rocher que ce sinus entre en rapport avec le sinus transverse en même temps qu'avec le sinus pétreux supérieur qui les rejoint à leur confluent en longeant la face antéro-latérale du rocher. Au niveau de la suture entre apophyse mastoïde et exoccipital, le sinus sigmoïde reçoit, par un orifice ménagé dans cette suture, une veine émissaire occipitale venant de la face postérieure du crâne. Vers le bas il se divise en deux rameaux dont l'antérieur suit le bord postérieur du rocher, gagne le foramen de la jugulaire interne, limité par le rocher, l'exoccipital et le basioccipital; dans ce foramen il reçoit le sinus pétreux inférieur, issu du sinus caverneux et logé dans un canal empruntant la suture entre rocher et basioccipital, puis il donne naissance à la jugulaire interne. Le rameau postérieur, le plus important, est le sinus occipital; il s'engage, en se courbant vers l'arrière, dans un canal subhorizontal creusé dans l'exoccipital et dont les deux orifices sont placés sur la face

interne de cet os. Ce sinus occipital longe ensuite la face interne du condyle, traverse le trou occipital et se continue par le sinus rachidien.

Chez *Pterodon*, la paroi interne de la cavité crânienne ne présentant aucun sillon pouvant être considéré comme ayant logé un conduit veineux, excepté la gouttière sagittale de la voûte destinée au sinus longitudinal supérieur, nous avons essayé de retrouver le trajet des conduits veineux



Arrière-crânes de Chien (*en haut*) et de *Pterodon* (*en bas*).

a. m., apophyse mastoïde; *f. j. i.*, foramen de la jugulaire interne; *f. p. g.*, foramen post-glénoïdien; *j. i.*, jugulaire interne; *S. d.*, sinus droit; *S. l.*, sinus longitudinal; *S. oc.*, sinus occipital; *S. p. i.*, sinus pétreux inférieur; *S. p. s.*, sinus pétreux supérieur; *S. r.*, sinus rachidien; *S. sig.*, sinus sigmoïde; *S. t.*, sinus temporal; *S. tr.*, sinus transverse; *V. e. o.*, veine émissaire occipitale; *V. v.*, veine vertébrale.

en partant de ceux des points dont l'appartenance au système veineux est indiscutable; il s'agit en l'occurrence du foramen post-glénoïdien et d'un trou placé en arrière et un peu latéralement du trou condylien, et qui correspond sans aucun doute à la sortie du rameau postérieur du sinus sigmoïde. Ce trou donne accès d'une part vers l'avant à un court canal qui débouche dans le foramen de la jugulaire interne; d'autre part vers le haut à un canal que nous avons suivi en découpant progressivement

sa paroi médiale, et dont le trajet est le suivant : Entièrement contenu dans la paroi du crâne, il traverse verticalement d'abord l'exoccipital puis le supraoccipital, à la limite supéro-interne duquel il se recourbe vers l'avant; puis il chemine horizontalement, presque au niveau de la voûte crânienne, dans le pariétal et s'ouvre dans un canal logé dans un bourrelet semi-circulaire qui délimite les deux fosses cérébelleuse et cérébrale. Ce deuxième canal aboutit à droite et à gauche aux trous post-glénoïdiens et contenait donc le sinus transverse prolongé par les sinus temporaux droit et gauche. Le premier canal, contournant presque complètement la région supérieure et postérieure de la fosse cérébelleuse, abritait le sinus sigmoïde.

Du coude que forment ses deux portions verticale et horizontale, part un fin canal traversant le supraoccipital vers l'arrière et vers le haut; il devait livrer passage à la veine émissaire occipitale. Quant au court canal reliant le foramen de la jugulaire interne à l'extrémité inférieure du conduit du sinus sigmoïde, il renfermait sans doute le rameau antérieur de ce sinus, rameau-origine de la jugulaire interne.

Le système veineux de l'arrière-crâne de *Pterodon* présente donc, par ses éléments essentiels, une disposition tout à fait particulière. Contrairement à ce qu'on trouve habituellement chez les Carnivores Fissipèdes, les sinus sigmoïde et transverse ne longeaient pas, plus ou moins à découvert, le bord supérieur et postérieur du rocher, mais étaient loin de cet os, profondément enfouis dans la paroi du crâne; le premier, singulièrement long, s'étendait à travers le pariétal, le supra et l'exoccipital et c'est à l'intérieur de ce dernier, qu'il envoyait vers l'avant son rameau antérieur donnant naissance à la jugulaire interne. Le second était logé dans la puissante saillie délimitant les fosses cérébrale et cérébelleuse et n'était rejoint par le sinus sigmoïde que très haut et très loin du rocher. Quant à la saillie en question, elle représente ici la tente du cervelet des types modernes chez lesquels, par allègement de la structure osseuse et par le développement de l'encéphale, elle est considérablement réduite et abaissée fortement vers l'arrière jusqu'à toucher le rocher, ce qui explique la différence que présente le système veineux de l'arrière-crâne chez *Pterodon* et les formes fissipèdes plus récentes.

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Remarques sur l'évolution des Nannoconidés à propos de quelques nouveaux types du Crétacé inférieur de Haute-Provence.* Note (*) de M. **Georges Deflandre** et Mme **Marthe Deflandre-Rigaud**, présentée par M. Jean Piveteau.

L'évolution des Nannoconidés depuis le Jurassique supérieur jusqu'au Crétacé supérieur a donné naissance à des types variés qui doivent être distingués spécifiquement. Des espèces nouvelles du Gargasien de Carniol (Basses-Alpes) ont l'allure de certains lopadolithes de *Scyphosphæra* (Coccolithoporidés). Parenté possible ou simple phénomène de convergence ? La question reste posée.

Nous discuterons ultérieurement le problème de l'espèce chez les Nannoconidés, mais nous nous engageons dès maintenant sur le fond de celui-ci. Avec Bronnimann [1] et Trejo [2], et comme l'un de nous l'a dit déjà [3], nous découvrons peu à peu l'existence d'un nombre croissant d'espèces de *Nannoconus* [4], en opposition formelle avec les idées exprimées par Denise Noël [5]. Cet auteur, après avoir exposé les résultats d'une étude biométrique assez élémentaire, a rejeté toutes les espèces créées par Bronnimann pour n'en conserver qu'une seule, *Nannoconus colomi* Lapp. (*sic*), ensemble polymorphe rassemblant des formes allant de la sphère au fuseau tronqué.

Que la systématique des *Nannoconidæ* soit encore fondée sur des bases précaires, que les diverses espèces connues restent encore assez souvent difficiles à distinguer et qu'en particulier les marges des variations morphologiques et dimensionnelles de ces espèces restent à préciser, nous n'en disconviendrons pas. Mais il apparaît incontestable qu'une remarquable évolution du genre *Nannoconus* Kpt. s'est manifestée depuis la fin du Jurassique jusqu'au sommet du Crétacé. *Cette évolution a donné naissance à des types très variés qui doivent être distingués spécifiquement.* Ce que nous avons déjà observé au cours de nos recherches sur les *Nannoconidæ* du Crétacé inférieur de Haute-Provence, recherches auxquelles nous avons fait seulement allusion [6], nous permet d'affirmer que des progrès substantiels dans leur connaissance sont susceptibles d'être réalisés dans un proche avenir. Outre la question des tests pluriloculaires que nous avons découverts en 1959 [7], nous connaissons des stades juvéniles de tests *à paroi mince* et nous avons réuni des séries de *Nannoconus bucheri* Bronn. et de *N. wassalli* Bronn. montrant des variations de contour étonnamment parallèles à celles observées par l'un de nous [8] chez des lopadolithes de *Scyphosphæra* actuels et fossiles.

Parmi les formes nouvelles qui font l'objet de cette Note et qui proviennent toutes des marnes gargasiennes de Carniol (Basses-Alpes), deux (*N. quadriangulus* n. sp. et *N. inconspicuus* n. sp., le plus petit des Nannocônes) n'appellent point de commentaires particuliers, car elles sont nettement apparentées à des espèces déjà connues. Les autres, par contre,

révèlent un sens de l'évolution des *Nannoconus*, dont nous avons été les premiers à reconnaître l'existence chez le *N. dauvillieri* G. et M. Defl. du Crétacé supérieur ([7]) : la tendance à l'évasement de l'un des pôles, qui, dans les espèces gargasiennes, se manifeste par la présence d'une sorte de collerette ou de bourrelet différencié.

La démonstration de cette tendance évolutive a plus d'importance que ses conséquences taxinomiques : création de quelques espèces nouvelles — *N. carniolensis*, *N. boletus*, *N. calpidomorphus* — dont les frontières sont encore difficiles à tracer, notre actuelle documentation étant limitée.

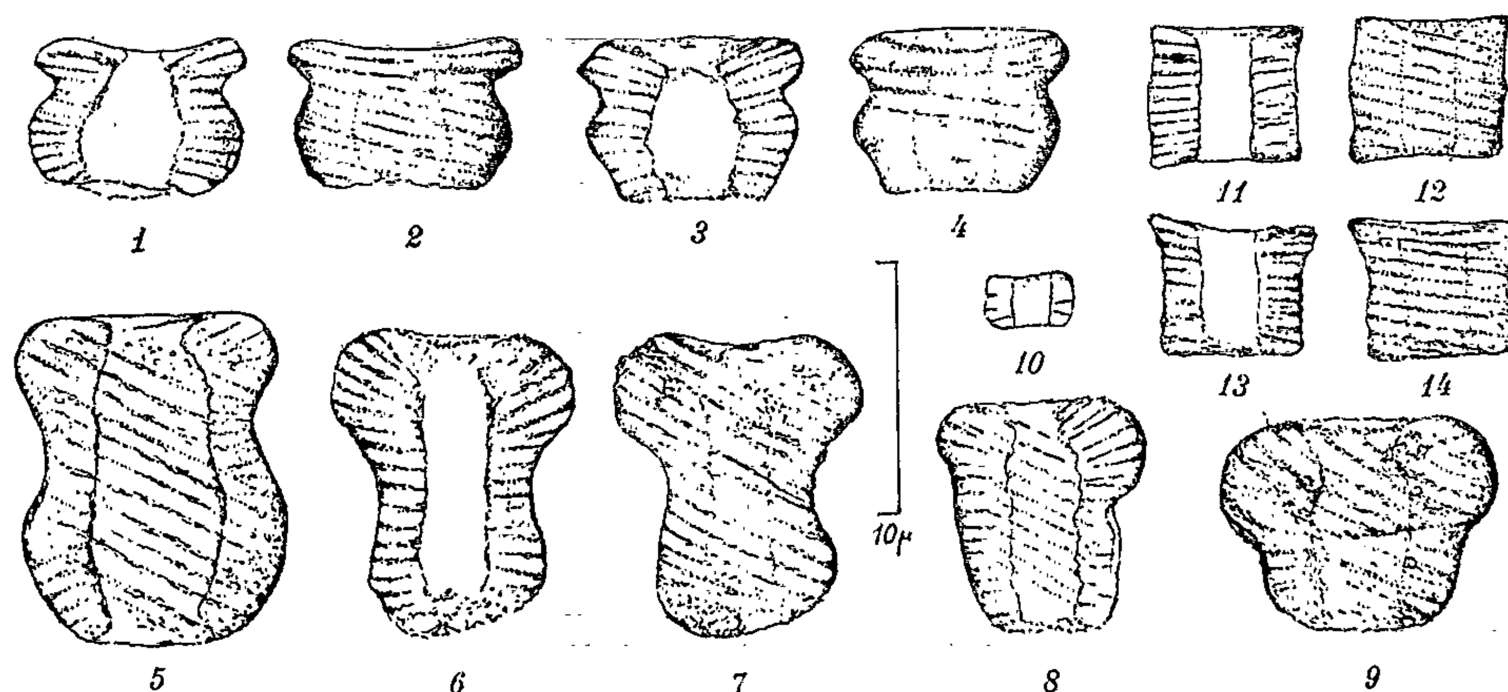


Fig. 1 à 14. — Nannoconidés des marnes gargasiennes de Carniol (Basses-Alpes). 1-2 (holotype) et 3-4, *Nannoconus carniolensis* n. sp.; 5, *N. calpidomorphus* n. sp.; 6-7 (holotype) et 8, *N. boletus* n. sp.; 9, *N. boletus curtus* n. ssp.; 10, *N. inconspicuus* n. sp.; 11-12, *N. quadriangulus* n. sp.; 13-14, *N. quadriangulus apertus* n. ssp. Sauf 5 et 8 à 10, qui sont des figures combinées, chaque Nannocône est représenté par une coupe optique et par une vue en surface (G × 2 000).

Son intérêt réside en particulier dans le rapprochement morphologique qui s'impose entre lesdites espèces et *un autre groupe* de lopadolithes de *Scyphosphæra*, typiquement différents de ceux auxquels il a été fait allusion ci-avant. *Nannoconus carniolensis*, par exemple, ressemble aux lopadolithes de *Scyphosphæra pulcherrima* Defl., qui sont simplement plus élancés [*cf.* ([8]), *fig.* 30].

Ces espèces nouvelles augmentent notablement le nombre des Nannoconidés dont la silhouette est analogue à celle de divers *Scyphosphæra*. Si nous parlons seulement de silhouette, c'est que nous n'oublions pas : 1° que les lopadolithes ont une coupe transversale *toujours elliptique*, alors que celle des *Nannoconus* est, sauf exceptions, circulaire; 2° que la paroi normalement épaisse et à structure cunéolaire des *Nannoconus* diffère profondément de celle, toujours mince et fragile, des lopadolithes.

Ainsi serait-il imprudent, dans l'état actuel de nos connaissances, d'affirmer une parenté réelle entre les uns et les autres. Mais, d'autre part, si l'on admet qu'il ne s'agit que d'un simple phénomène de convergence, il faut convenir qu'il est assez extraordinaire.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) *Micropaleontology*, 1, 1955, p. 28-51, 10 figures, 2 planches.

(2) *Bol. Asoc. Mexic. Geolog. Petrol.*, 12, 1960, p. 259-314, 15 figures, 3 planches. On doit à cet auteur l'importante découverte de *Nannoconus* groupés en rosettes, premier pas vers une possible connaissance de la biologie et des affinités de ces nannofossiles énigmatiques. Trejo a, en outre, vigoureusement critiqué la position rétrograde de D. Noël.

(3) *Rev. Micropal.*, 2, 1959, p. 127-152, 4 planches.

(4) Une espèce en 1938, 10 en 1955, 15 en 1959, 20 en 1962.

(5) *Publ. Serv. Carte géol. Algérie*, nouv. série, 20, (1957) 1958, p. 155-196, 8 planches.

(6) *Rev. Micropal.*, 2, 1960, p. 175-180, 1 planche.

(7) *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 2273.

(8) *Bull. Soc. Hist. Nat. Toulouse*, 77, 1942, p. 125-137, 36 figures.

*(Laboratoire de Micropaléontologie
de l'École pratique des Hautes Études, Paris.)*

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Métabolisme de l'arginine par les tissus de tumeur végétale cultivés* in vitro. Note (*) de Mlle **Arlette Ménagé** et M. **Georges Morel**, présentée par M. Raoul Combes.

On observe, dans les tissus de tumeur végétale cultivés *in vitro*, un certain nombre de guanidines monosubstituées qui n'existent pas dans les tissus normaux correspondants. Des expériences réalisées avec de l'arginine marquée au ^{14}C montrent que des guanidines proviennent du métabolisme anormal de cet aminoacide.

Le métabolisme azoté des tissus de crown-gall cultivés *in vitro* présente de nombreuses anomalies; c'est ainsi que Lioret a découvert un nouvel amino-acide inconnu dans les tissus normaux : la lysopine [(1), (2)]. Nous avons nous-mêmes signalé la présence dans ces tissus de plusieurs guanidines monosubstituées qu'on ne rencontre pas dans les tissus normaux (3)

Ainsi, dans les tissus tumoraux de Topinambour, après isolement des acides aminés sur permutite 50 et chromatographie sur papier à deux

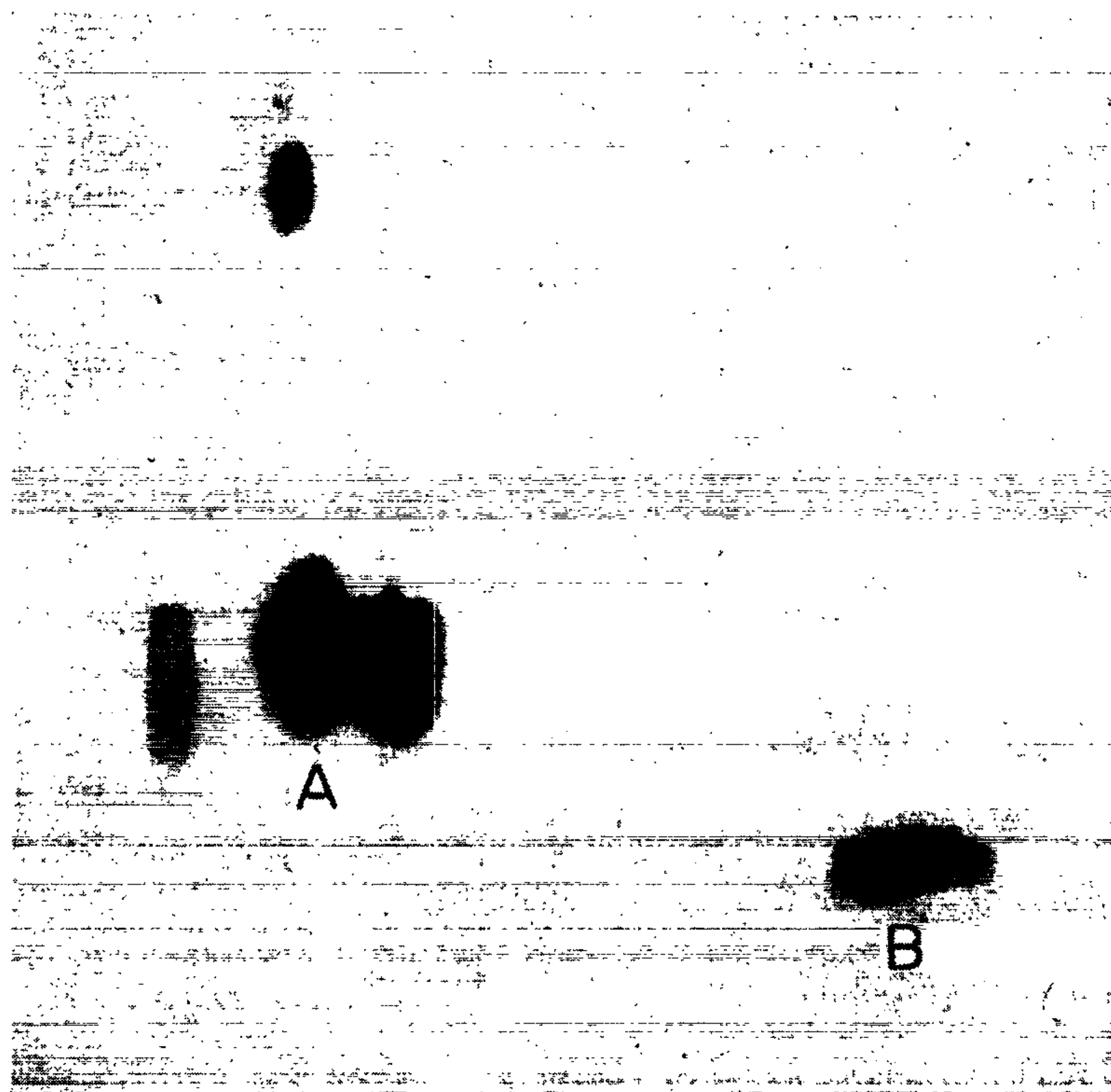


Fig. 1. — Chromatogramme des guanidines des tissus de tumeurs d'*Opuntia vulgaris* cultivés en présence d'arginine; révélation au réactif de Sakaguchi.
A, arginine; B, acide γ-guanidobutyrique.

dimensions dans le mélange butanol-acide acétique-eau (4-1-5) et phénol-métacrésol-tampon borate pH 8,3, le réactif de Sakaguchi permet de mettre en évidence cinq de ces composés; deux sont facilement identifiables : ce sont l'arginine et l'acide γ-guanidobutyrique. Les trois autres sont, des composés inconnus ne réagissant pas à la ninhydrine; ils ont des R_f très voisins de celui de l'arginine et l'entourent étroitement.

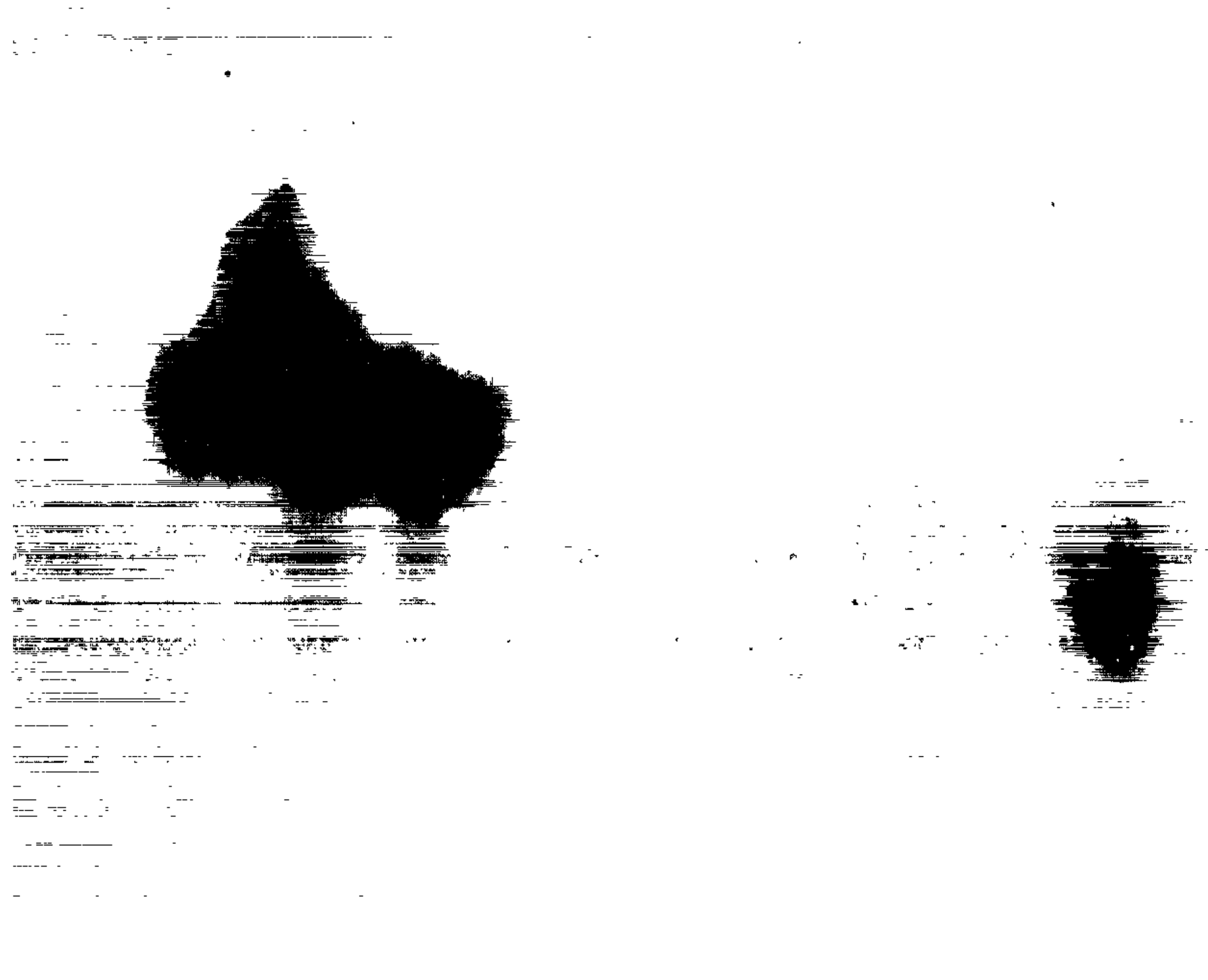


Fig. 2. — Autoradiogramme d'un chromatogramme d'acides aminés et de guanidines de tissus de tumeurs de Topinambour. En présence d'arginine uniformément marquée au ^{14}C on remarque qu'on retrouve la radioactivité uniquement dans les produits sensibles au réactif de Sakaguchi, c'est-à-dire dans les guanidines monosubstituées.

Dans les tissus d'*Opuntia vulgaris* on trouve également cinq composés donnant la réaction de Sakaguchi (*fig.* 1), parmi lesquels l'arginine et l'acide γ-guanidobutyrique; deux des composés inconnus sont identiques à ceux des tissus de Topinambour et entourent l'arginine tandis que le troisième, qui lui non plus ne réagit pas à la ninhydrine, a un R_f très différent. Signalons enfin qu'on observe encore sur les chromatogrammes sporadiquement d'autres guanidines.

On pouvait supposer que ces différents composés dérivent de l'arginine et sont les conséquences du changement provoqué dans le métabolisme

cellulaire par la transformation tumorale. Dans le tissu normal, en effet ([4]), on sait que l'arginine est très rapidement tansformée par l'arginase en ornithine et urée qui sont eux-mêmes immédiatement métabolisés.

Pour vérifier cette hypothèse, nous avons cultivé des tissus tumoraux de Topinambour et d'*Opuntia vulgaris* pendant des périodes variant de 4 à 12 jours en présence d'arginine uniformément marquée au ^{14}C et nous avons ensuite recherché la répartition de la radioactivité dans les différents constituants. Nous avons alors constaté par chromatographie et autoradiographie que, même après 12 jours, les seuls composés marqués d'une manière appréciable sont les guanidines que nous venons de décrire (*fig.* 2). Dans tous les cas, il reste une quantité importante d'arginine non transformée; les produits les plus marqués sont ceux qui entourent directement l'arginine; l'acide γ-guanidobutyrique et les guanidines à faible R_f le sont beaucoup moins.

Ces expériences démontrent donc d'une manière irréfutable que ces composés sont les produits d'un métabolisme anormal de l'arginine qui prend naissance au moment de la transformation tumorale, caractérisé par la disparition de l'arginine et l'apparition de nouvelles enzymes dégradant la molécule à l'opposé du groupement amidine qui, lui, reste intact.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

([1]) C. LIORET, *Bull. Soc. franç. Physiol. végét.*, 2, 1956, p. 76.

([2]) K. BIEMAN, C. LIORET, J. ASSELINEAU, E. LEDERER et J. POLONOVSKY, *Biochim. Biophys. Acta*, 40, 1960, p. 369.

([3]) G. MOREL, *Bull. Soc. franç. Physiol. végét.*, 2, 1956, p. 75.

([4]) H. DURANTON et G. MOREL, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2927.

(*Station Centrale de Physiologie végétale, Centre National de Recherches agronomiques, Versailles.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Réactions photosynthétiques de chloroplastes isolés de* Brassica chinensis. Note de MM. **André Goffeau** et **Joseph-Marie Bové**, présentée par M. Raoul Combes.

La très grande majorité des travaux de photosynthèse *in vitro* ont été effectués avec des chloroplastes isolés d'épinard. Pour préparer ces chloroplastes, on commence généralement par broyer les feuilles en présence d'une solution de NaCl 0,35 M ou de saccharose 0,50 M, sans qu'il soit nécessaire d'ajuster, pendant le broyage, le pH au moyen d'un tampon. Les chloroplastes sont ensuite isolés du broyat par centrifugation différentielle [1].

Si l'on isole, par cette méthode, des chloroplastes de chou (*Brassica chinensis*), on obtient une préparation qui, à la lumière, est capable de réduire le ferricyanure avec dégagement concomitant d'oxygène (réaction de Hill), mais qui se révèle incapable de transformer l'ADP en ATP par photophosphorylation, cyclique ou non, alors que les chloroplastes d'épinard, préparés dans les mêmes conditions, sont le siège d'une phosphorylation active.

En recherchant les causes de cette différence, nous avons constaté que l'homogénat obtenu en broyant des feuilles d'épinard en présence de NaCl 0,35 M ou de saccharose 0,50 M présente une faible acidité : avec 50 g de feuilles et 100 ml de NaCl 0,35 M, le broyat a en général un pH de 6,6 tandis que, dans les mêmes conditions, le broyat de feuilles de *Brassica chinensis* a un pH de 5,8 seulement. C'est à cette acidité du broyat qu'est due la disparition des phosphorylations. Si la solution dans laquelle les feuilles de *Brassica chinensis* sont broyées contient, non seulement du NaCl 0,35 M ou du saccharose 0,50 M mais aussi du tri-(hydroxyméthyl)-aminométhane-ClH, pH 8,0, à la concentration finale de 0,05 M, on obtient un broyat dont le pH est en général de 7,8, et les chloroplastes isolés à partir de ce broyat sont capables de photophosphorylation. Cette propriété se conserve lorsque le pH du broyat a une valeur comprise entre 7,0 et 8,0, même si le lavage et la resuspension finale des chloroplastes ont lieu en l'absence de tampon. Ces résultats sont en accord avec ceux de Jagendorf et Evans [2]. La perte de la photophosphorylation, consécutive à une réaction trop acide du broyat, rappelle la disparition de la photophosphorylation obtenue en diluant les chloroplastes d'épinard dans du ClNa 0,35 M, pH 6,0 [3].

Avec les chloroplastes de chou, comme avec ceux d'épinard, le pH optimal du mélange réactionnel pour la réaction de Hill et pour la photophosphorylation non cyclique qui lui est couplée, est voisin de 7,8; pour la photophosphorylation cyclique il est compris entre 8,0 et 8,2. Lorsque la photophosphorylation est abolie par broyage des feuilles de chou en

milieu non tamponné, le pH optimal pour la réaction de Hill est déplacé vers les pH plus bas, inférieurs à 7,4.

Avec les chloroplastes d'épinard on peut observer, dans la photophosphorylation non cyclique, une réaction stœchiométrique entre la quantité d'oxygène dégagé (ou de cofacteur réduit) et la quantité d'ADP phosphorylée; il se forme généralement 1 molécule d'ATP pour deux électrons transportés (ATP/2e = 1). Avec les chloroplastes de chou, même en prenant les précautions que nous venons d'indiquer, nous n'avons jamais observé un rapport ATP/2e plus grand que 0,6. Nous n'obtenons même pas toujours un rapport de 0,60; en fait, il varie entre 0,15 et 0,60 suivant les expériences. L'obtention d'un rapport ATP/2e inférieur à 1 dans la photoréduction du TPN par les chloroplastes de chou indiquerait un découplage partiel entre les réactions de transport d'électrons et les réactions de phosphorylation, plutôt qu'une absence de transport d'électrons au niveau des sites de phosphorylation, comme cela pourrait être le cas dans la photoréduction du ferricyanure; un facteur de phosphorylation pourrait être perdu ou inactivé au cours de l'isolement des chloroplastes de chou.

Chez les chloroplastes d'épinard, la photophosphorylation catalysée par la vitamine K_3 et le flavine mononucléotide (FMN) est très appréciable, bien que celle catalysée par le méthylsulfate de méthylphénazonium (PMS) soit environ 2 à 3 fois supérieure. Or, chez les chloroplastes de chou, le PMS peut catalyser une photophosphorylation tout aussi active, sinon plus, mais le FMN et la vitamine K_3, ou les deux ensemble, se révèlent être de beaucoup moins bons co-facteurs qu'avec les chloroplastes d'épinard. Il se peut que la vitamine K_3 et le FMN soient, avec les chloroplastes de chou, des catalyseurs peu efficaces du transport d'électrons cyclique ou pseudo-cyclique. Cette explication est en accord avec l'idée maintes fois exprimée que la vitamine K_3 et le FMN ne seraient pas des cofacteurs naturels de la photophosphorylation. Il n'est cependant pas exclu que, chez les chloroplastes de chou utilisés pour ces expériences, des facteurs de perméabilité limitent la phosphorylation.

Lorsque des chloroplastes d'épinard entiers, lavés, sont mis en suspension dans l'eau ou dans du NaCl 0,035 M, ils éclatent. En centrifugeant une telle suspension (à 2 mg de chlorophylle par millilitre, par exemple), à 20 000 g pendant 10 mn, on obtient un surnageant jaune clair (extrait aqueux de chloroplastes), dépourvu de chlorophylle; les granas et les fragments de chloroplastes se trouvent dans le culot ([4]). Cet extrait aqueux contient les enzymes nécessaires à la fixation du CO_2 suivant les trois phases du cycle réducteur ([5]). ATP et $TPNH_2$ sont nécessaires à la fixation réductrice du CO_2 suivant ce schéma. L'assimilation du CO_2 peut, en présence de l'extrait aqueux de chloroplastes d'épinard, s'accomplir *à l'obscurité* et en l'absence de toute chlorophylle, à condition d'ajouter au mélange réactionnel de l'ATP et du $TPNH_2$ en quantité substrat, ou bien à la lumièer

et en présence de granas ou de chloroplastes, nécessaires à la photophosphorylation de l'ADP en ATP et à la photoréduction du TPN en $TPNH_2$. Or nous avons préparé de la même façon un extrait aqueux de chloroplastes de chou : il s'est révélé très peu actif dans la fixation photosynthétique du CO_2. Ces résultats tendraient à montrer que l'extrait aqueux de chloroplastes de chou, ainsi que les chloroplastes qui ont servi à le préparer, ne contiennent pratiquement pas certaines des enzymes nécessaires à l'assimilation du CO_2, carboxidismutases, etc., ni la ferredoxine nécessaire à la réduction du TPN, alors que ces facteurs existent dans les chloroplastes isolés d'épinard.

Une suspension de chloroplastes de chou dans un milieu hypotonique, examinée au microscope à contraste de phase, révèle une majorité de chloroplastes entiers, alors qu'une préparation identique d'épinard est constituée presque exclusivement de chloroplastes brisés. La résistance des chloroplastes entiers de chou à l'éclatement pourrait expliquer l'absence, dans l'extrait, des enzymes nécessaires à la fixation du CO_2. Nous avons d'ailleurs vérifié que l'extrait aqueux de chloroplastes de chou contient 2 à 3 fois moins de protéines que celui d'épinard. Or, en brisant les chloroplastes de chou suivant plusieurs techniques, on n'augmente pas appréciablement la teneur en protéines de l'extrait. Il semble qu'une fraction importante de protéines nécessaires à la photosynthèse — fraction beaucoup plus importante avec les choux qu'avec les épinards — soit perdue entre le broyage des feuilles de chou et l'obtention de la préparation de chloroplastes.

Les différences précédentes entre les réactions photosynthétiques des chloroplastes de chou et celles des chloroplastes d'épinard n'infirment en rien le mécanisme de la photosynthèse suivant Arnon. Il nous a été possible de répéter avec les chloroplastes de chou les expériences dans lesquelles Losada et coll. [6] ont pu, avec des chloroplastes d'épinard, séparer les deux réactions lumineuses impliquées dans la photosynthèse des plantes vertes.

(1) D. I. ARNON, M. B. ALLEN et F. R. WHATLEY, *Biochim. Biophys. Acta*, 20, 1956, p. 449-461.

(2) A. T. JAGENDORF et MARJORIE EVANS, *Plant Physiology*, 32, 1957, p. 435-440.

(3) D. W. KROGMANN et A. T. JAGENDORF, *Plant Physiology*, 34, 1959, p. 277-282.

(4) F. R. WHATLEY, M. B. ALLEN, L. L. ROSENBERG, J. B. CAPPENDALE et D. I. ARNON, *Biochim. Biophys. Acta*, 20, 1956, p. 462-468.

(5) A. V. TREBST, H. Y. TSUJIMOTO et D. I. ARNON, *Nature*, 182, 1958, p. 351-355.

(6) M. LOSADA, F. R. WHATLEY et D. I. ARNON, *Nature*, 190, 1961, p. 601-610.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — Coleus blumei *Benth.* « Golden Bedder » *plante-test permettant de mesurer l'influence des solutions salines sur le point de flétrissement.* Note de M. **Aloys Duperrex**, présentée par M. Raoul Combes.

L'augmentation de la « pression osmotique » des solutions du sol obtenue en faisant varier la concentration du sulfate de potassium, provoque une modification du point de flétrissement qui peut être enregistrée avec cette plante-test.

L'accumulation de certains sels dans les terres provoque une augmentation de la pression osmotique des solutions du sol et, de ce fait, cause un ralentissement plus ou moins accentué de la végétation.

Afin de connaître les variations du point de flétrissement des terres dans le sol, nous avons irrigué des séries de *Coleus blumei « Golden Bedder »* avec des solutions de sulfate de potassium de concentrations croissantes. La potasse a l'avantage de faire partie des élément nutritifs essentiels du sol et d'être assez bien retenue par les terres.

Nous avons préparé pour nos essais les cinq types de solutions suivantes :

1.	Solution à environ	1 atm :	2,79 g	de K_2SO_4	par litre.
2.	» »	2 »	5,58 g	»	»
3.	» »	4 »	11,17 g	»	»
4.	» »	16 »	44,66 g	»	»

5. Solution témoin : 0,5 g de sels nutritifs (N. P. K.) par litre.

Les concentrations ont été calculées avec la formule classique dérivée de la loi de Van t'Hoff et en tenant compte, le mieux possible, du degré de dissociation électrolytique. Les concentrations ont été choisies de telle façon qu'elles nous offrent une gamme de potentiels capillaires allant jusqu'au point de flétrissement permanent, soit pF 4,2.

Les mesures ont été faites avec des boutures enracinées de *Coleus* âgées de 20 jours et d'une hauteur moyenne de 12 cm [1]. Les boutures empotées dans des récipients en matière plastique avec les différentes terres à étudier ont été arrosées uniquement mais quotidiennement avec les solutions ci-dessus. Il est intéressant de signaler que lorsqu'on plonge les racines lavées d'un *Coleus* dans ces solutions, on observe à 22 ± 3°C, les temps de flétrissement suivants :

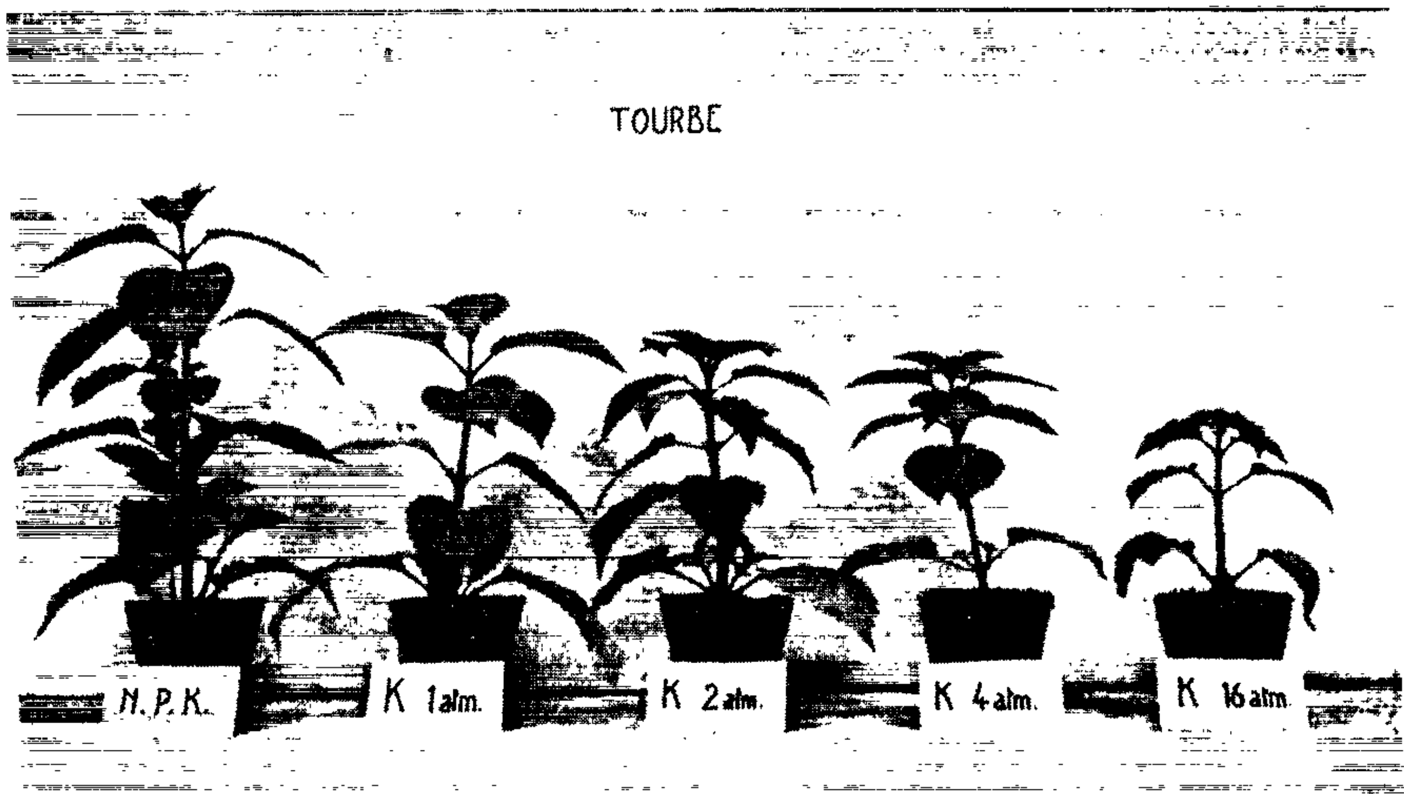
16 atm : flétrissement après 1 h 30 mn;
4 » » » 10 h;
2 » pas de flétrissement visible;
1 » » » »

Lorsque les racines de *Coleus* sont en contact avec la terre, le flétrissement ne s'observe pas si rapidement; en revanche, on enregistre un ralentissement progressif de la végétation (*fig.*).

Hauteur moyenne des Coleus *après* 28 *jours de culture.*

Terres.	Témoin.	1 atm.	2 atm.	4 atm.	16 atm.
Tourbe de Hollande (cm)	24	20,5	18	15,5	14
Mélange standard de tourbes (cm)	24	18	18,5	16	15,5
Terre franche (cm)	22,5	20	19	13	13,5
Limon (cm)	22	22	19,5	16	12,7

Chez les *Coleus* arrosés avec la solution à 16 atm, le point de flétrissement temporaire est atteint après 2-3 semaines de culture à 22 ± 3°. A partir de ce stade, le point de flétrissement devient permanent et les plantes dépérissent. Les terres jouent, ici, un rôle tampon entre les solutions du sol et les racines; ce rôle est connu sous le nom de phénomène de contact racines-particules de sol; il a été récemment remis en évidence par Blanchet, Chaumont et Studer ([2]).



Hauteur des plantes-tests après 28 jours de culture sur tourbe de Hollande. *A gauche* un plant-témoin (N. P. K.); *à droite,* les plantes arrosées uniquement avec des solutions de sulfate de potassium de concentration croissante.

Quant au point de flétrissement temporaire, il est fortement influencé par le sulfate de potassium qui s'est accumulé de façon semblable dans les sols organiques (tourbe de Hollande, mélange standard) et les sols minéraux (terre franche, limon).

Points de flétrissement de quelques terres traitées avec des solutions de sulfate de potassium.

Terres.	Témoin.	1 atm.	2 atm.	4 atm.	16 atm.
Tourbe de Hollande (%)	108	165	209	250	619
Mélange standard de tourbes (%)	81	87	91	94	207
Terre franche (%)	17	18	19	23	51
Limon (%)	5	6	6,3	9	27

Les résultats obtenus après 3-4 semaines d'arrosage, avec la solution de sulfate de potassium à 16 atm, sont voisins de ceux qui correspondent à la capacité de rétention totale après 30 h de drainage sur tamis. Ils sont calculés, comme pour tous les points de flétrissement, par rapport à la terre séchée à 105°.

Rétention totale de l'eau par les terres expérimentées.

Tourbe de Hollande	890 %
Mélange standard de tourbes	300 »
Terre franche	57 »
Limon	36 »

Les points de flétrissement indiqués par le *Coleus blumei* « *Golden Bedder* » sont en parfait accord avec la physiologie de la plante. Ils ont l'avantage d'indiquer la quantité d'eau réellement assimilable par les plantes, alors que les méthodes physiques classiques donnent des résultats souvent inutilisables.

(1) A. DUPERREX, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1481.
(2) R. BLANCHET, C. CHAUMONT et R. STUDER, *Ann. agron.*, 13, n° 1, 1962, p. 21.

(*Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences de Besançon* et *Laboratoire de Chimie agricole de Châtelaine-Genève.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Étude des pigments chlorophylliens chez* Vicia faba : *Action de l'acide gibbérellique.* Note de MM. **Bernard Millet**, **Hubert Tavant**, **Jean-Pierre Perney** et **Marcel Mange**, présentée par M. Raoul Combes.

Des plants de *Vicia faba* (variétés naines : Sutton et géantes : fèves d'Aguadulce à très longue cosse) ont été cultivées en salles d'expériences. L'acide gibbérellique a été appliqué sur des individus nains à la concentration de 5/10 000. Après deux mois de culture les dix premiers groupes de folioles à partir du sommet ont été récoltés. Après extraction et dosage des pigments chlorophylliens les nains traités renferment environ 10 % de moins de chlorophylle $a + b$ que les témoins et montrent une teneur légèrement plus élevée en caroténoïdes.

Les végétaux traités par l'acide gibbérellique présentent souvent un aspect chlorotique spécialement lorsqu'ils sont cultivés sur solution de faible valeur nutritive (1). Au cours de précédentes expériences sur *Vicia faba* (2) nous avions noté des différences très sensibles dans la couleur des folioles entre des plants nains témoins et des nains traités : la couleur des nains témoins est vert très foncé alors qu'elle est vert pâle pour les nains traités dont la couleur est voisine de celle des géants témoins.

Les variétés naines (Sutton) et géantes (fève d'Aguadulce à très longue cosse) ont été cultivées en salles d'expériences en conditions uniformes de lumière (1600 à 1800 lx au niveau des cultures), de température (24 ± 1°C) et d'humidité (80 à 85 %). Trois lots ont été établis dès le semis : nains témoins, nains traités et géants témoins. Chaque jour pendant deux semaines, puis tous les deux jours, 10 µl d'une solution d'acide gibbérellique à 5/10 000 sont déposés sur le bourgeon apical. Deux mois plus tard, les dix premiers groupes de folioles comptés à partir du sommet sont prélevés sur divers individus pour l'étude des pigments chlorophylliens.

Extraction. — Après une pesée rapide, les folioles sont introduites dans un homogénéiseur Potter. Trois broyages successifs sont effectués. Le premier pendant 5 mn avec 60 ml d'acétone et quelques décigrammes de carbonate de magnésium (3) en vue de la neutralisation du jus obtenu qui est filtré sur creuset filtrant. Le second, identique au premier, permet de reprendre par 60 ml d'acétone le résidu retenu sur le filtre. Les 25 ml d'acétone du troisième broyage terminent l'extraction. La solution brute de chlorophylle est concentrée sous vide à 45°C pour amener son volume final à 100 ml. Des folioles de *Wistaria sinensis* ont été également broyées pour obtenir un terme de comparaison.

Les pigments sont séparés sur colonne d'alumine et élués avec les solvants suivants [technique de Worker (4) légèrement modifiée] :

2 % d'acétone dans l'éther de pétrole éluent les carotènes;

4,5 % d'éthanol dans l'éther de pétrole éluent les chlorophylles;

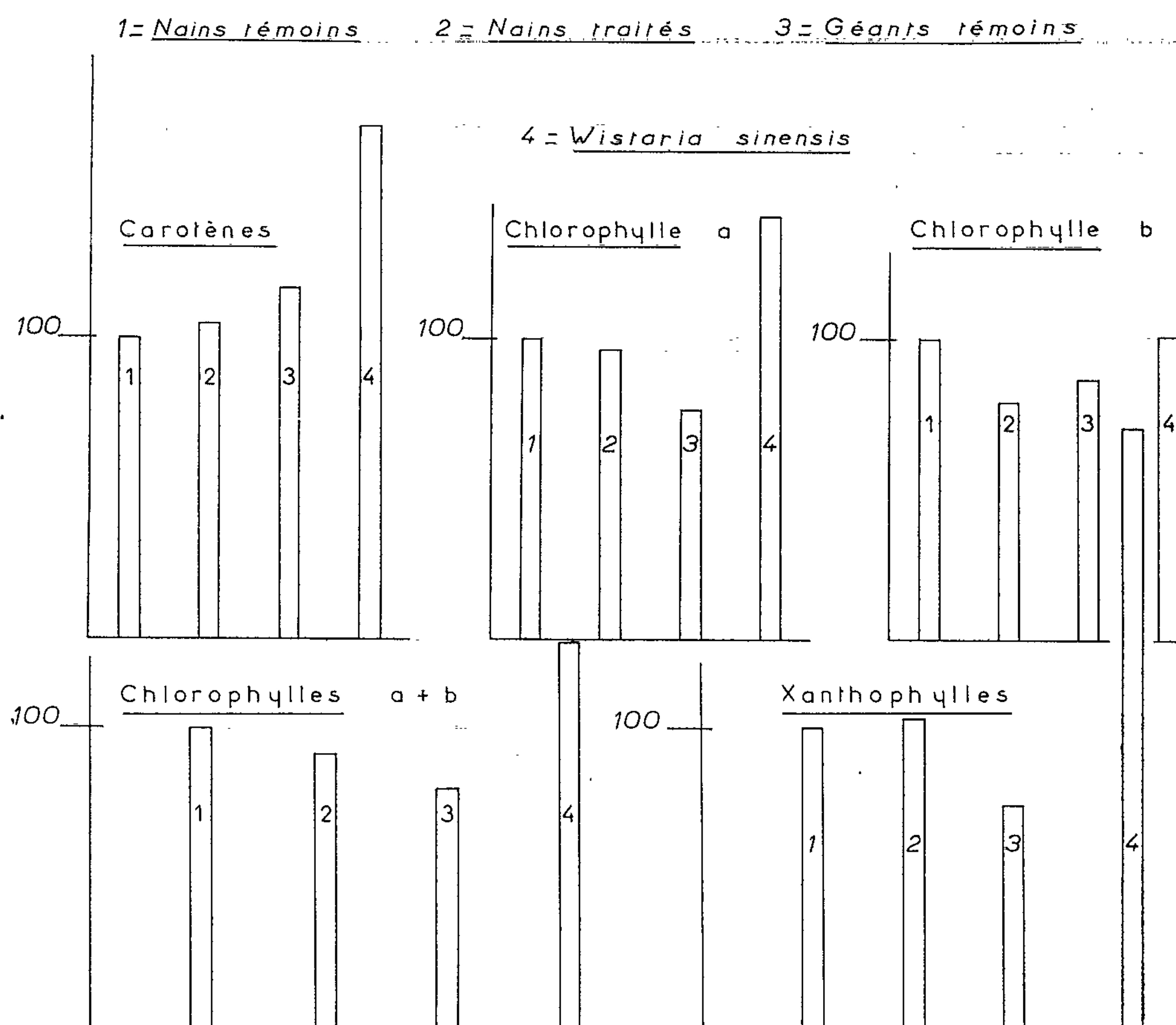
10 % d'éthanol dans l'éther de pétrole éluent les xanthophylles.

DOSAGE. — Nous utilisons la formule $C = 10\,000\,(D/E)$ [5] :

C exprime la concentration de la solution en microgrammes par millilitre;

D la densité optique au maximum absolu d'absorption;

$E = E^{1\,\%}_{1\,cm}$ est une constante qui représente la densité optique au maximum absolu d'absorption, sous une épaisseur de 1 cm, d'une solution de 1 g de pigment dans 100 ml du solvant considéré. (Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un spectrophotomètre « Optica ».)



Carotènes : E = 2 500 à 455 mμ dans l'éluant correspondant.

Xanthophylles : E = 2 500 à 441 mμ dans l'éluant correspondant.

Chlorophylles : Les valeurs utilisées sont celles indiquées par Comar et Zscheile [6]. Le maximum d'absorption se situe pour les chlorophylles *a* et *b* respectivement à 660 et 642,5 mμ; mais chacune ayant une absorption appréciable à la longueur d'onde maximale de l'autre, les corrections à appliquer sont les suivantes si le solvant est l'éther éthylique :

$$\text{Chlorophylle } a\ (\mu g/ml) = 9{,}93\,D_{\grave{a}\ 660\ m\mu} - 0{,}777\,D_{\grave{a}\ 642{,}5\ m\mu};$$
$$\text{Chlorophylle } b\ (\mu g/ml) = 17{,}6\ D_{\grave{a}\ 642{,}5\ m\mu} - 2{,}81\ D_{\grave{a}\ 660\ m\mu}.$$

Les carotènes, obtenus par chromatographie, sont évaporés à sec sous pression réduite au bain-marie à 45°C et repris par 15 ml de leur éluant.

Suivant la même technique, les xanthophylles, après évaporation à sec, sont reprises par 30 ml de leur éluant. Les chlorophylles, subissant une faible dégradation au cours de la séparation chromatographique, sont dosées à partir de la solution brute dont des fractions aliquotes de 10 ml, après être évaporées à sec, sont reprises par 30 ml d'éther éthylique fraîchement redistillé sur chlorure stanneux.

Les diverses concentrations exprimées en microgrammes par gramme de poids frais sont résumées dans le tableau ci-dessous :

		Chlorophylles				
	Carotènes.	*a*.	*b*.	*a* + *b*.	% Chlorophylle *a*.	Xanthophylles.
Nains témoins.......	97,88	1 588,98	711,9	2 300,88	69,05	193,5
Nains traités........	103,02	1 535,97	565,59	2 101,56	73,08	199,92
Géants témoins......	104,34	1 217,36	618,82	1 836,18	66,29	143,47
Wistaria sinensis...	166,97	2 239,16	721,53	2 960,69	75,62	385,31

Les nains traités renferment un peu plus de carotènes et de xanthophylles que les nains témoins. Si nous rapportons à la valeur 100 la quantité de chlorophylles $a + b$ chez les nains témoins, nous aurons 91,33 pour les nains traités, 79,8 pour les géants témoins et 128,67 pour *Wistaria sinensis* (*voir* tableau ci-dessous).

L'aspect chlorotique des individus traités pourrait être en rapport avec une plus faible teneur en chlorophylle $a + b$ (environ 10 % de moins que les témoins) et à une teneur légèrement plus élevée en caroténoïdes.

(1) P. W. Brian et J. F. Grove, *Endeavour*, 16, n° 63, 1957, p. 162.

(2) B. Millet, non publié.

(3) Lamort, *Étude spectrophotométrique des modifications des chlorophylles a et b sous l'influence de divers agents physiques et chimiques* (*Thèse*, Lille, 1955).

(4) N. A. Worker, *J. Sc. Food Agric.*, 8, 1957, p. 442-444.

(5) Cl. Audigie, *Rev. gén. Bot.*, 65, 1958, p. 581-600.

(6) Cl. Comar et F. P. Zscheile, *Plant Physiology*, 17, 1942, p. 198-209.

(*Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences de Besançon.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence des basses températures sur la germination des semences de Vigne.* Note (*) de M. **Jacques Séchet**, transmise par M. Pierre Dangeard.

La germination des semences de Vigne s'effectue difficilement dans les conditions normales. Le traitement de réfrigération des graines humides [(1), (2)] s'étant montré efficace dans bien des cas pour lever les inhibitions ou hâter la post-maturation [(3), (4)], il a paru intéressant de leur appliquer cette technique.

Les semences utilisées pour l'expérimentation proviennent de baies parfaitement mûres de Seibel 7053. Lavées, triées et séchées, elles ont été conservées d'octobre à mars, dans des conditions de température et d'état hygrométrique constant. Ces graines dont la teneur en eau est de 11,66 % ± 0,26, sont mises à gonfler à une température de 16-18°C pendant 10 jours; elles ont alors absorbé 50 % d'eau. Placées ensuite en chambre froide à 2°C, elles y sont maintenues pendant des durées variables qui s'échelonnent de 6 à 369 jours. Les essais de germination effectués au germoir à 25-27°C à l'obscurité portent sur des lots de 200 ou 300 graines.

Le premier lot mis à germer le 6 mars a subi 6 jours de réfrigération; le dernier a été placé au germoir le 10 mars de l'année suivante, après 369 jours de réfrigération. Dans chaque cas, un lot de graines témoin, préalablement gonflées, mais non réfrigérées est mis à germer en même temps que les graines traitées.

Les essais successifs ont permis de construire les graphiques ci-contre (*fig.* 1 et 2). De l'examen de ces résultats, on peut tirer les conclusions suivantes :

Les « temps de latence » au début de la germination des graines traitées n'atteignent que la moitié de ceux des graines témoin (de 2 à 5 jours contre 4 à 13 jours).

Le traitement par le froid améliore nettement le pourcentage de germination : 76 % après 28 jours de germination et 46 % seulement après 43 jours pour le lot témoin, graines mises à germer en mai. Après 75 jours de traitement, le pouvoir germinatif décroît progressivement mais reste toujours supérieur à celui des graines témoin. Ainsi, le lot traité pendant 369 jours possède un pourcentage de germination nettement plus élevé que celui du lot témoin correspondant (28 au lieu de 2,5 %). Au cours de l'année, les différences entre ces deux pourcentages varient de 13 à 33 %.

Le traitement augmente la vitesse de germination. Dès le 5e jour, 18 % en moyenne des graines traitées ont germé et 1 % seulement chez les témoins. Après 10 jours, l'écart est plus important : 38 contre 6,5 %. En outre, le pourcentage final de germination est atteint plus rapidement par les graines réfrigérées (avance de 10 à 25 jours).

L' « énergie germinative » et le pouvoir germinatif varient en fonction de la date de mise en germination.

La figure 2 montre que le pouvoir germinatif des graines témoin reste sensiblement le même lorsque ces graines sont mises à germer entre mars et fin mai. Il décroît ensuite rapidement jusqu'en octobre, se stabilise

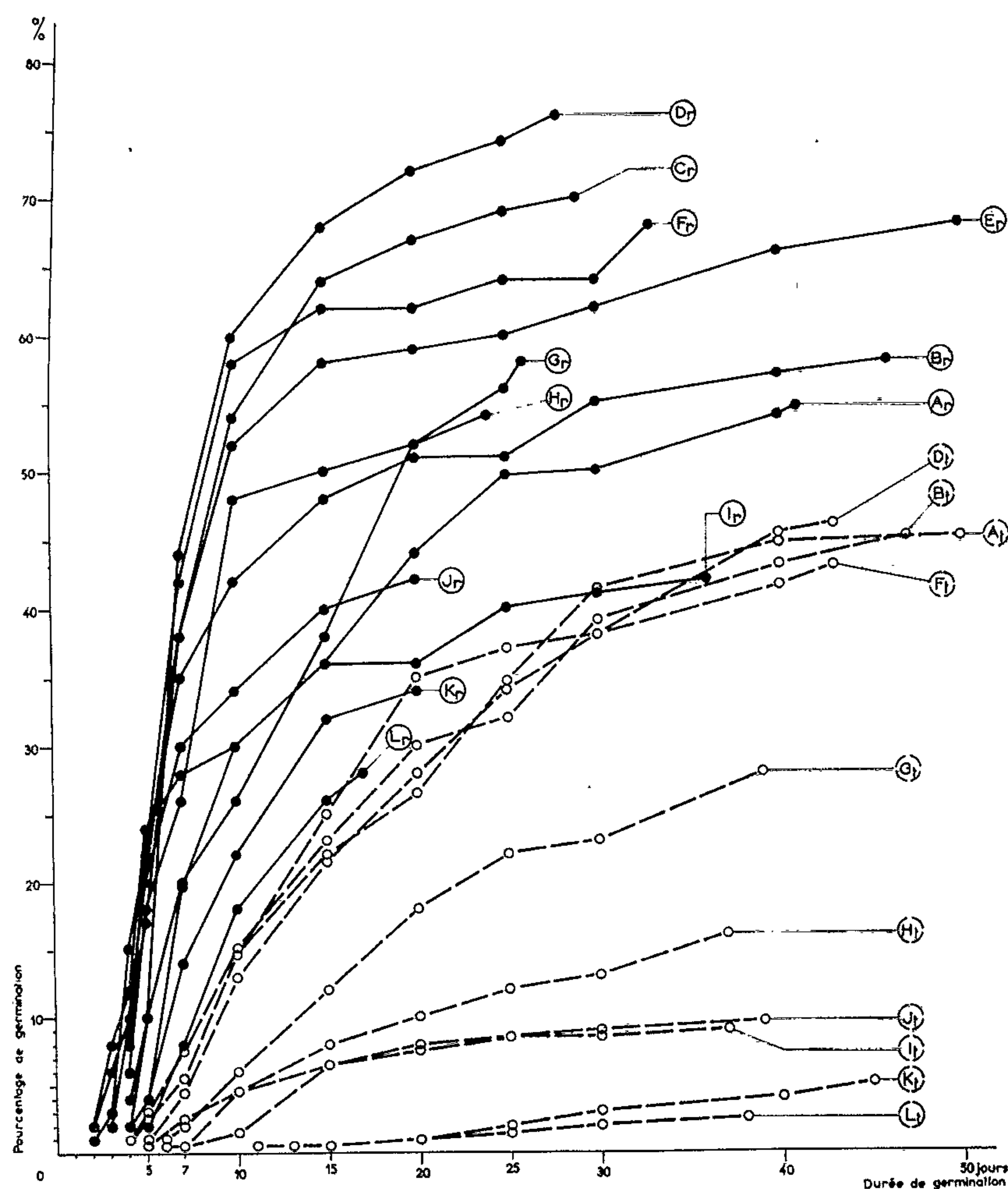


Fig. 1. — Variations du pourcentage de germination des lots de graines de Vigne en fonction de la durée de germination.

Les différents lots, A à L, ont été mis à germer entre le 6 mars 1960 et le 10 mars 1961. Les durées de réfrigération sont comprises entre 6 et 369 jours, soit respectivement pour les divers lots : 6 jours (A_r), 33 jours (B_r), 40 jours (C_r), 75 jours (D_r), 89 jours (E_r), 119 jours (F_r), 143 jours (G_r), 165 jours (H_r), 236 jours (I_r), 291 jours (J_r), 332 jours (K_r) et 369 jours (L_r). A chacun de ces lots correspond un lot témoin mis à germer à la même date : A_t correspond à A_r, B_t à B_r et ainsi de suite. Seuls, les lots C_r et E_r n'ont pas de témoin correspondant.

En trait continu : lots traités; en tirets : lots témoins.

durant trois mois et dès la fin décembre, il diminue à nouveau progressivement. Le pouvoir germinatif des graines traitées, à l'inverse des graines témoins, s'accroît très rapidement (de mars à fin mai). Il suit ensuite les mêmes fluctuations que celles subies par les témoins. Les courbes repré-

sentatives des variations du pouvoir germinatif, en fonction des dates de mise en germination des deux catégories de graines, sont sensiblement parallèles à partir du mois de juin. Chacune présente d'ailleurs un maximum vers le 20 mai.

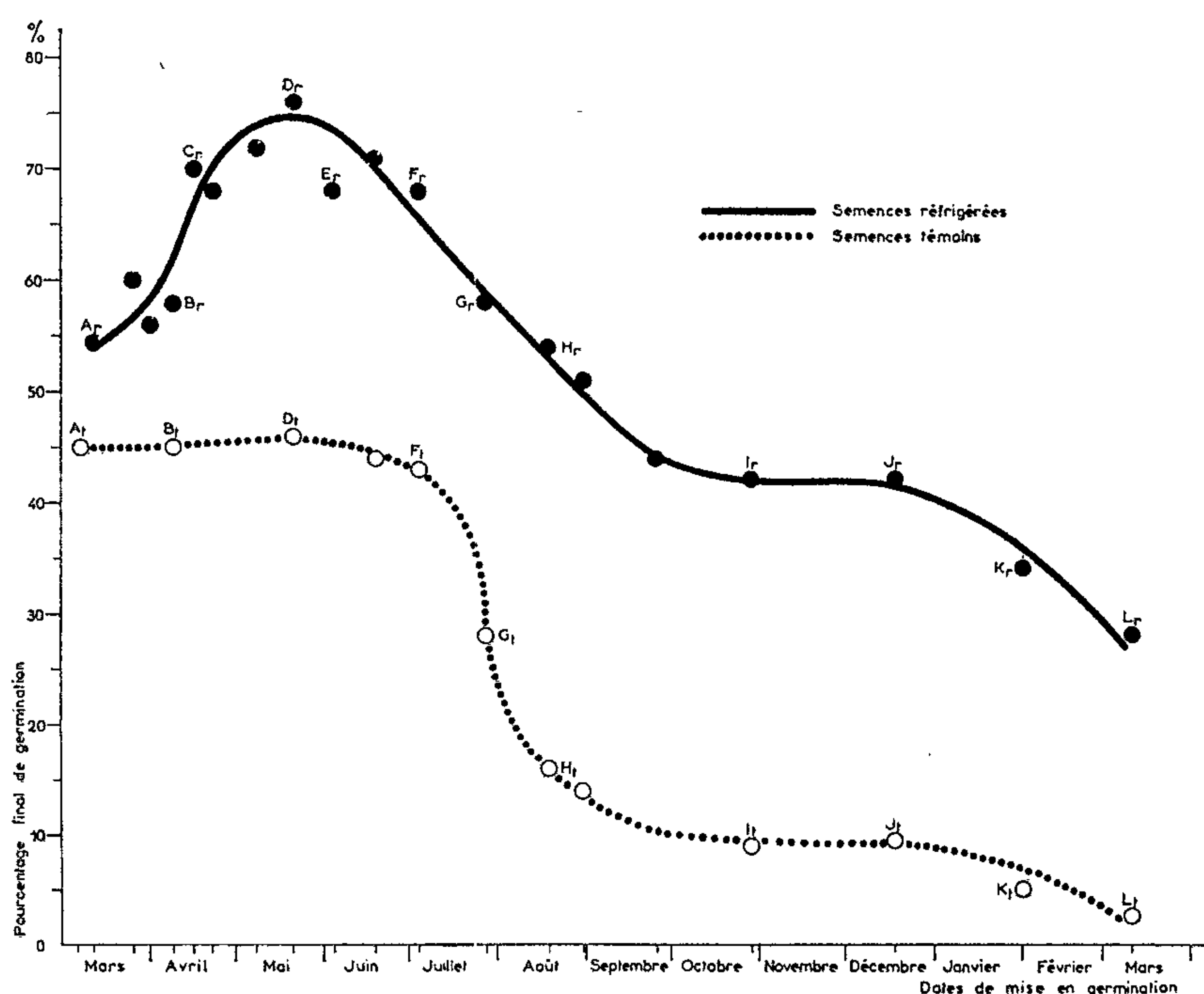


Fig. 2. — Variations du pouvoir germinatif en fonction de l'époque de mise en germination. Les points des courbes non indiqués par des lettres correspondent à des lots de graines qui n'ont pas été utilisés pour la construction du graphique de la figure 1.

Le traitement des semences de Vigne par les basses températures modifie donc considérablement les propriétés germinatives de ces dernières. Il provoque une diminution du temps de latence, accroît la vitesse de germination et augmente le pouvoir germinatif.

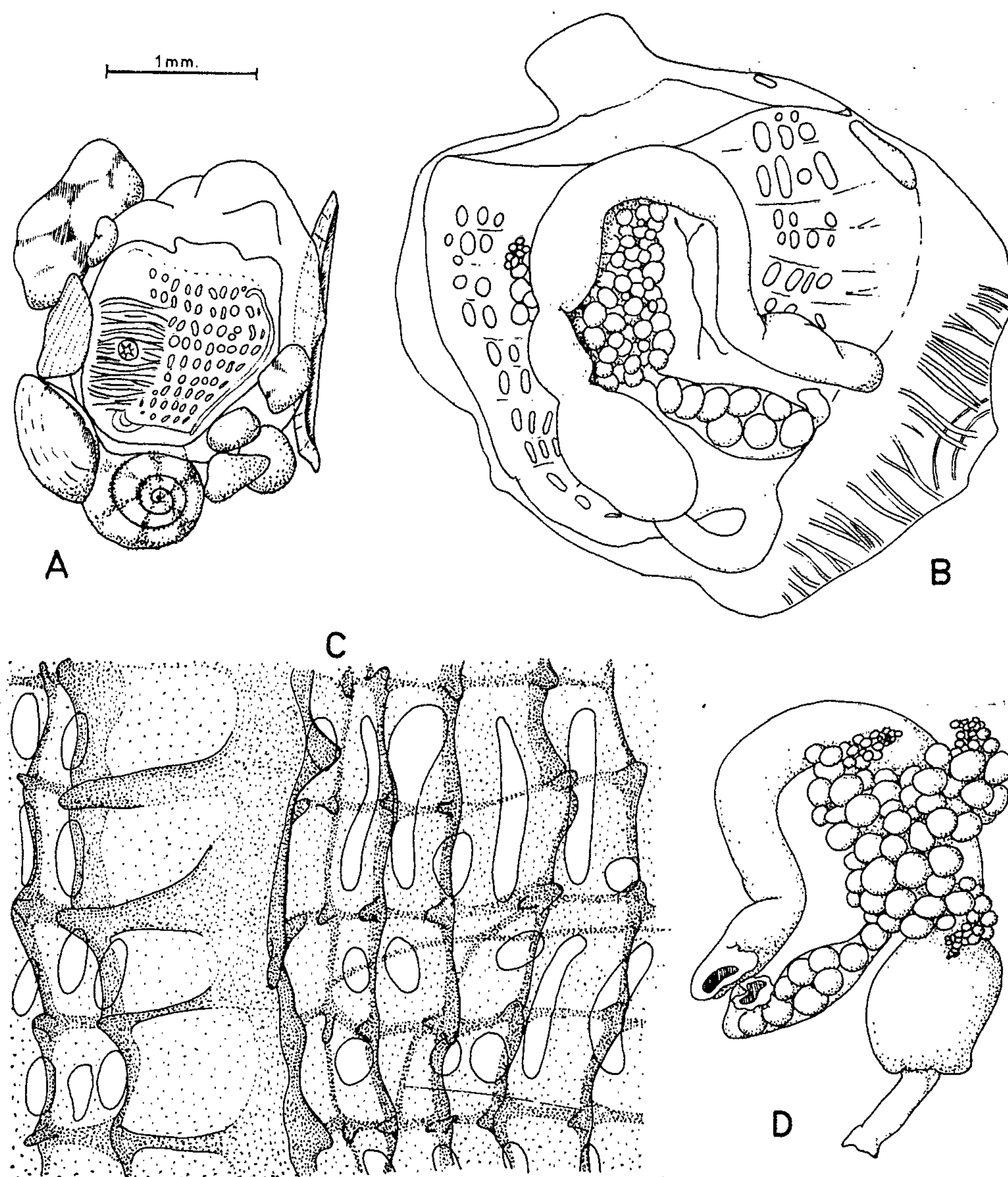
(*) Séance du 5 novembre 1962.
(1) R. DAVID et J. SÉCHET, *La Terre d'Oc*, février 1951, p. 54.
(2) R. DAVID et A. GUÉRINDON, *C. R. Soc. Biol.*, 145, 1951, p. 715.
(3) F. FLEMION, *Contr. Boyce Thompson Inst.*, 9, 1937, p. 7.
(4) D. H. SCOTT et D. P. INK, *Proc. Amer. Soc. Hort.*, 56, 1950, p. 134.

ZOOLOGIE. — *Présence à Roscoff d'une* Ascidiidæ *interstitielle :* Psammascidia teissieri *n. g.*, *n. sp.* Note (*) de Mme **Françoise Monniot**, présentée par M. Louis Fage.

Deux exemplaires de cette espèce ont été récoltés dans les sables coquilliers de Bloscon à 10 m de profondeur. Cette forme constitue la première *Ascidiidæ* interstitielle, les espèces précédemment décrites comme psammiques appartenant jusqu'à présent aux *Styelidæ* et *Pyuridæ*. Nous allons discuter la position systématique de cette nouvelle espèce.

Description. — De petite taille (l'individu le plus grand mesure 2 mm), *Psammascidia teissieri* possède une tunique extrêmement fine et transparente. Des coquilles et de petits graviers y sont partiellement enrobés et constituent une enveloppe à l'Ascidie (*fig.* A). Le corps est aplati sauf à la base du champ dorsal où le manteau est maintenu par des bandelettes musculaires disposées parallèlement sur une surface rectangulaire entourant le siphon cloacal (*fig.* A et B). Les siphons, éloignés l'un de l'autre sont très peu saillants. Six papilles terminent chacun d'eux; rabattues elles en ferment l'ouverture. Sur le vivant, le siphon buccal porte 12 ponctuations orangées. Les tentacules simples, implantés sur un seul rang, très hauts dans le siphon buccal, sont de trois ordres : 8 longs, 8 moyens, séparés les uns des autres par 16 tentacules très réduits. Le tubercule vibratile est en forme de bouton très petit dans l'échancrure du sillon péricoronal. Celui-ci est simple et très bas. Le ganglion nerveux, allongé, forme une masse importante sous la partie antérieure du raphé. Il est éloigné du tubercule vibratile. Sa taille permet de le distinguer aisément à l'état vivant. La branchie est assez complexe (*fig.* C). Les sinus longitudinaux y sont élevés, recoupés par des sinus transverses bien marqués. A l'intersection des mailles qu'ils forment s'élèvent des papilles simples, hautes, caractéristiques des *Ascidiidæ*. Il existe des sinus parastigmatiques qui peuvent se transformer en sinus interstigmatiques. On observe par endroits des sinus obliques beaucoup plus fins. La branchie est dissymétrique, plus large à droite qu'à gauche. En effet à gauche du raphé se situe une large bande dépourvue de stigmates, mais où persistent les sinus transverses (*fig.* C). Il y a 16 rangs de stigmates environ, plus ou moins arrondis, irréguliers. Le raphé est lisse, constitué d'une membrane entière mais basse qui s'élève en lobes au niveau des sinus transverses. L'endostyle droit ne possède pas de caractères particuliers. Il ne se prolonge pas jusqu'à l'œsophage, mais s'arrête au niveau de la dernière rangée de stigmates. Le tube digestif (*fig.* B), débute par un œsophage long, étroit. L'estomac, nettement séparé, marque un élargissement net. Cylindrique, court, il passe rapidement à l'intestin par un étranglement. L'intestin lui-même en boucle ouverte présente un rétrécissement du quart de sa longueur. La boucle intestinale atteint

et dépasse même le sillon péricoronal. L'anus simple se situe à mi-hauteur du raphé, et termine un rectum élargi. La gonade (*fig.* D) occupe une place importante. Située en partie sur l'estomac et sur la branche ascendante de l'intestin; elle déborde le tube digestif du côté ventral, et envahit



A, animal dans sa tunique; B, face gauche; C, branchie; D, gonade.

l'anse intestinale. Les parties germinatives forment l'extrémité de lobes qui deviennent rapidement indistincts. L'oviducte élargi sert de cavité incubatrice; il débouche au niveau de l'anus. L'anatomie interne ne montre aucune trace de stolon.

Diagnose du genre Psammascidia. — Un champ musculaire cloacal constitué de bandelettes parallèles sans rapports avec la musculature du

siphon. Branchie présentant des sinus longitudinaux élevés, des sinus transverses, et des papilles longues. Raphé entier mais lobé. Gonades étendues sur l'estomac et l'intestin en lobes peu distincts. Pas de stolon.

Position systématique. — Cette espèce possède deux sortes de caractères ; caractères de *Perophorinæ* : tube digestif avec post-estomac, incubation dans l'oviducte; caractères d'*Ascidiinæ* : complication de la branchie, membrane basale du raphé, gonades couvrant le tube digestif.

Malheureusement le principal caractère des *Perophorinæ*, le bourgeonnement stolonial, est impossible à mettre en évidence dans les conditions de vie de cette espèce. La mobilité du substrat ne peut permettre la prolifération normale d'un stolon. D'autre part, la séparation systématique des *Perophorinæ* et *Ascidiinæ* est extrêmement fragile, et les caractères généraux de genre *Psammascidia* sont intermédiaires. Il est donc difficile de décider si cette forme représente une *Perophorinæ* adaptée à la vie psammique, ou une *Ascidiinæ* régressée. Il existe d'ailleurs des espèces de sable du genre *Ascidia* (*A. conchylega* O. F. Muller), dont les premiers stades peuvent être endopsammiques. Le caractère qui plaide le plus en faveur d'une *Ascidiinæ* régressée est la complication de la branchie; les autres genres d'Ascidies interstitielles : *Psammostyela* et *Heterostigma* ont dans leur famille respective les branchies les plus simplifiées. Il est peu probable qu'une branchie de *Perophorinæ* se soit compliquée au cours d'une adaptation à la vie interstitielle.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(Institut de Zoologie, Faculté des Sciences, Nancy.)

PROTISTOLOGIE. — *Sur des modifications structurales survenant dans l'épimérite de céphalins bien différenciés de certaines Eugrégarines.* Note (*) de M. **Jean Théodoridès**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

En étudiant diverses Eugrégarines parasites de Coléoptères terrestres, nous avons eu l'occasion d'observer récemment une modification de la structure de l'épimérite qui, à notre connaissance, n'avait jamais été signalée jusqu'ici.

L'espèce qui nous a montré le plus nettement ce phénomène est un Stylocéphalide encore inédit qui sera décrit très prochainement ([1]) : *Cystocephaloides prionothecæ* n. gen. n. sp. parasite du Ténébrionide *Prionotheca coronata* Ol. provenant d'Égypte (province de Giza, P. Jolivet, *leg.*, 1961).

Chez les Stylocéphalides, l'épimérite se présente tantôt en cupule, en bouton, ou en massue, sans col bien différencié (*Lophocephalus*, *Campanacephalus*, *Clavicephalus*), tantôt en bouton porté par un col bien différencié plus ou moins long (*Cystocephalus*, *Cystocephaloides*, *Sphærorhynchus*, *Stylocephalus*).

La structure de ces épimérites a été admirablement étudiée et définie par A. Schneider ([2]) et précisée dans nos travaux postérieurs ([3]).

Pour en revenir à *Cystocephaloides prionothecæ*, nous avons observé un grand nombre de céphalins bien différenciés mesurant de 100 à 400 μ.

Chez les plus jeunes de ces stades, l'épimérite consiste en un bouton porté par un col court et entouré d'une collerette finement striée. Cette dernière est de nature épicytaire comme l'atteste sa paroi en prolongement direct de l'épicyte protoméritique (*fig.* A).

Au fur et à mesure qu'on observe des céphalins plus âgés, on assiste à une curieuse transformation de l'épimérite : la collerette se resserre autour du bouton central, ses parois s'épaississent (*fig.* B) et vont graduellement donner à l'ensemble de l'épimérite un aspect quadrangulaire tandis que le bouton central va se résorber (*fig.* C, D, E et F).

Il est très probable — et nous tâcherons de le préciser dans des recherches ultérieures — que le bouton central soit constitué par de l'entocyte.

On aurait là une disposition rappelant celle de l'épimérite d'autres *Stylocephalidæ* et notamment de *Campanacephalus villiersi* Théod. chez lequel on observe un épimérite constitué par un bouton cannelé épicytaire à l'intérieur duquel on observe de fines digitations entocytaires.

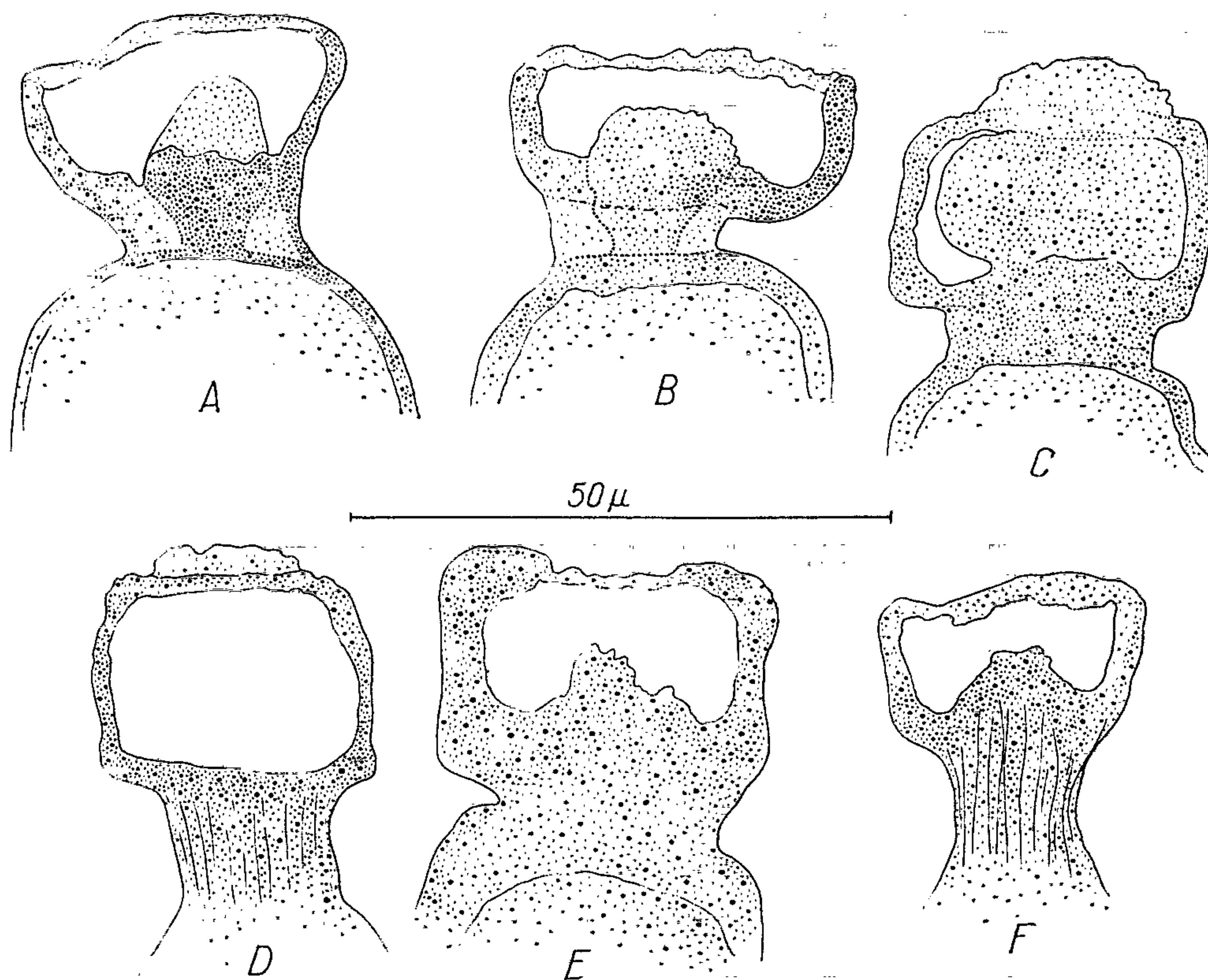
Quoi qu'il en soit, l'intérêt de cette transformation chez *C. prionothecæ* est qu'elle s'effectue *chez des céphalins bien différenciés* et probablement déjà libres dans la lumière intestinale de l'hôte.

Elle n'a rien à voir avec la première différenciation structurale de l'épimérite qui a lieu lors du développement du céphalin dans les cellules épithéliales du tube digestif de l'hôte et qui a été minutieusement étudiée dans les mémoires classiques de Léger et Duboscq ([4]).

Le phénomène se retrouve dans d'autres genres d'Eugrégarines et, par exemple, la transformation de l'épimérite que nous avons signalée ([5]) chez *Actinocephalus grassei* Théod. et Jolivet doit relever du même phénomène.

Chez cette dernière espèce, en effet, on observe des céphalins à lobes distincts et d'autres où ces lobes ont disparu pour donner un simple bouton. Cette transformation de l'épimérite à partir de l'épicyte chez des céphalins bien différenciés d'Eugrégarines doit sûrement survenir chez d'autres genres encore.

Notons que, jusqu'ici, elle n'est connue que chez un Stylocéphalide et un Actinocéphalide, ce qui serait un nouveau caractère rapprochant ces deux familles qui ont déjà tant de points communs.



Représentation schématique de la transformation de l'épimérite chez la Grégarine *Cystocephaloides prionothecæ* n. gen., n. sp.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

([1]) J. Théodoridès et P. Jolivet, *Ann. Parasit. Hum. Comp.* (sous presse).

([2]) *Tabl. Zool.*, 1, 1886, p. 90-103.

([3]) J. Théodoridès, *Bull. I. F. A. N.*, 17, 1955, p. 813-817; *Mém. Inst. Sc. Madagascar*, 13, 1959, p. 9-31.

([4]) *Arch. Parasitol.*, 6, 1902, p. 377-473; *Arch. f. Protist.*, 4, 1904, p. 335-383, 2 planches hors texte.

([5]) J. Théodoridès et P. Jolivet, *Explorat. Parc Nat. Albert*, 2e série, fasc. 8, 1959, 95 pages, 5 planches hors texte.

(*Laboratoire d'Évolution des Êtres organisés, Faculté des Sciences, Paris.*)

CYTOLOGIE. — *Sur l'ultrastructure du Thécamœbien* Hyalosphenia papilio (*Leidy*). Note (*) de M. **Louis Joyon** et Mlle **Renée Charret**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Beaucoup de Thécamœbiens étant pourvus d'une coque interdisant toute possibilité de réaliser des coupes ultraminces, leur ultrastructure reste encore inconnue, à l'opposé de celle des Amibiens qui a donné lieu à de nombreux travaux.

L'un de nous ayant fait une étude cytologique de *Hyalosphenia papilio* ([1]), nous avons pensé que ce Thécamœbien à loge mucoprotéique homogène et souple, représentait un matériel exceptionnellement favorable pour une étude au microscope électronique.

Nous limiterons notre étude aux formations les plus remarquables comparativement à celles déjà décrites chez les Amibiens ou autres Protozoaires.

La loge apparaît homogène et il ne semble pas que le microscope électronique doive nous apporter beaucoup de renseignements sur elle.

La double membrane cytoplasmique classique est dépourvue de la frange caractéristique de nombreux Amibiens (*fig.* 1). La surface libre est souvent hérissée de microvillosités espacées, de taille et forme variées (*fig.* 1).

Il existe sur le pourtour du protiste, et plus particulièrement vers son pôle libre, une bande cytoplasmique dépourvue de mitochondries, de formations ergastoplasmiques, et de toute enclave de grande taille, qui représente l'ectoplasme (*fig.* 1). En l'absence de toute séparation figurée, le passage à l'endoplasme est graduel (*fig.* 1).

Ectoplasme et endoplasme contiennent des vésicules de 0,1 à 0,2 μ de moyenne, assimilables à des formations périnucléaires décrites ci-dessous, et, sans ordre apparent, une grande quantité d'aiguilles longues de 0,5 μ dont nous ignorons la nature.

L'endoplasme enferme en plus une grande quantité d'organites. Les chlorelles ont la structure des formes libres [([1]), etc.]. Les vacuoles digestives et les dictyosomes, nombreux et discrets, rappellent les formations homologues décrites chez les Amibiens [([3]), etc. et ([3]), ([5]), ([6])]. Les mitochondries sphériques et nombreuses possèdent de rares tubules isolés dans un stroma dense et pourvu de granules osmiophiles (*fig.* 2, 3 et 4). Nous assimilons les vésicules denses et sans structure à des formations lipidiques (*fig.* 2, 3 et 4).

L'ergastoplasme se présente sous une forme très particulière. Ses feuillets, dépourvus de cisternes, sont généralement associés pour former des nodules plus ou moins importants (*fig.* 1, 2, 3 et 4) généralement réunis par une sorte de réseau. Ces associations ne présentent pas d'orientations concen-

triques, mais cloisonnent le cytoplasme interne en vastes compartiments particulièrement riches en grains de Palade. Les branches du réseau enferment souvent des organites cellulaires, mitochondries, lipides, etc. (*fig.* 3 et 4). L'ensemble de ces formations représente un important volume cellulaire. Nous pensons qu'elles correspondent, au moins en partie, au « chromidium » des auteurs et aux vésicules riches en ARN mises en évidence par l'un de nous en microscopie photonique ([1]). Nous ne connaissons pas de formations comparables chez d'autres Protozoaires.

Le noyau est entouré d'une membrane abondamment perforée (*fig.* 5) et qui est jouxtée extérieurement d'une formation nouvelle qui ne trouve d'équivalent ni dans le « honeycomb » interne d'*Amœba proteus* [([3]), ([9]), ([10]), ([11]), etc.] ni dans la formation tubulaire externe de la membrane nucléaire d'*Endamœba blattæ* ([12]). L'ensemble périnucléaire chez *Hyalosphenia papilio* comprend de l'intérieur vers l'extérieur, une couche de fibres entrecroisées, une couche granuleuse, une couche de vésicules concentrées selon une sphère mais identiques à celles qui se trouvent réparties dans l'ensemble du cytoplasme. Ces vésicules sont entourées d'une fine membrane qui enferme un stroma homogène souvent moins dense vers le centre (*fig.* 2, 3, 4 et 6). La couche de fibres entrecroisées ressemble beaucoup à celle qui existe dans la membrane nucléaire des Grégarines, membrane tapissée extérieurement par une assise de petites vésicules ([13]). Il faut encore noter que cet ensemble périnucléaire est interrompu selon des sortes de courts tuyaux en continuité avec les pores de la membrane nucléaire comme en témoignent les coupes tangentielles (*fig.* 6). Chacun de ces petits canaux qui traversent l'espace périnucléaire, semble axé par une fine fibre sombre (*fig.* 6). Quant à l'intérieur du noyau, le microscope électronique ne permet de retrouver, sous forme de densités différentes, que les éléments décrits en microscopie optique ([1]) sans apporter d'autres précisions sur leur ultrastructure.

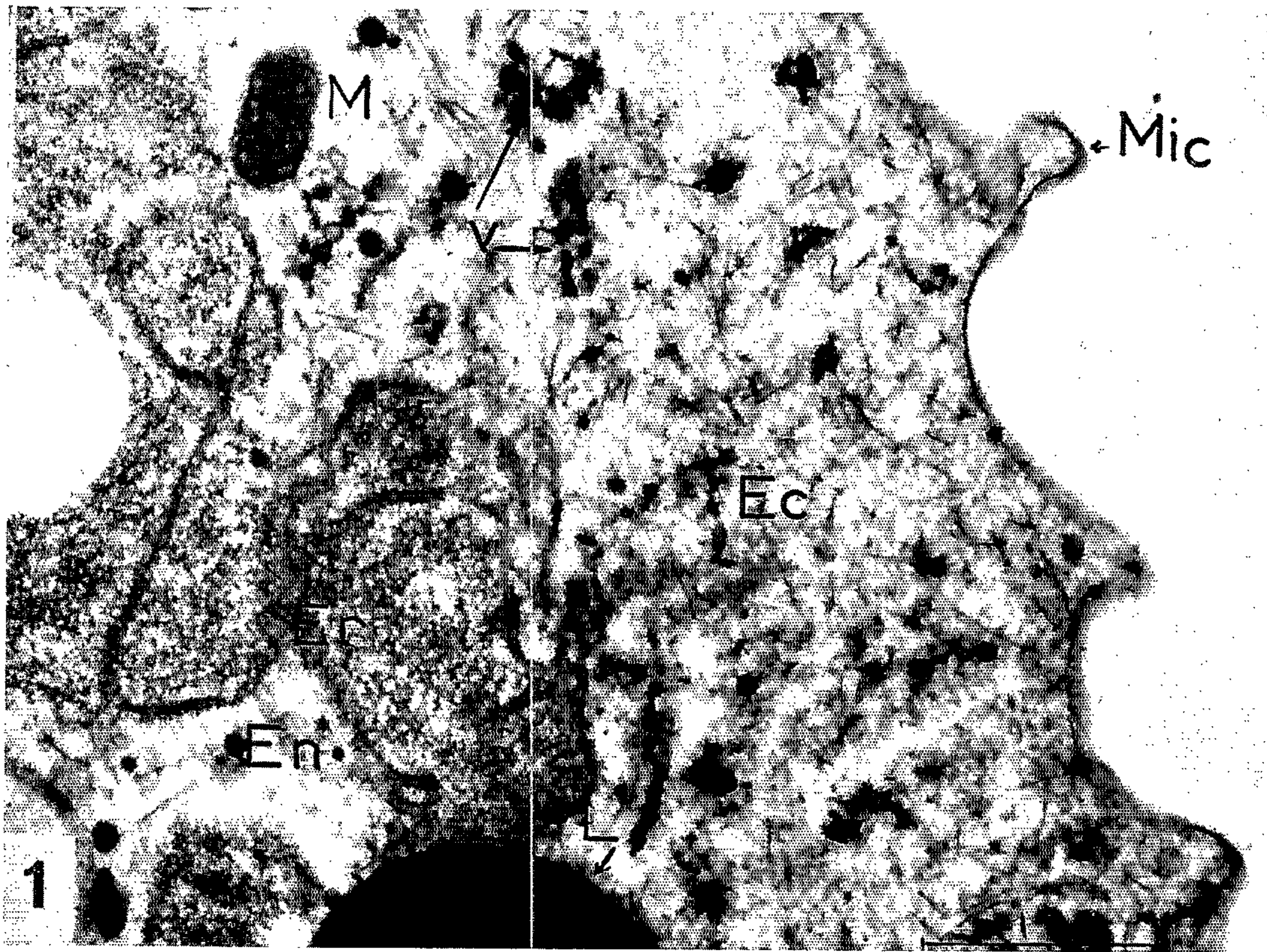
EXPLICATION DES FIGURES.

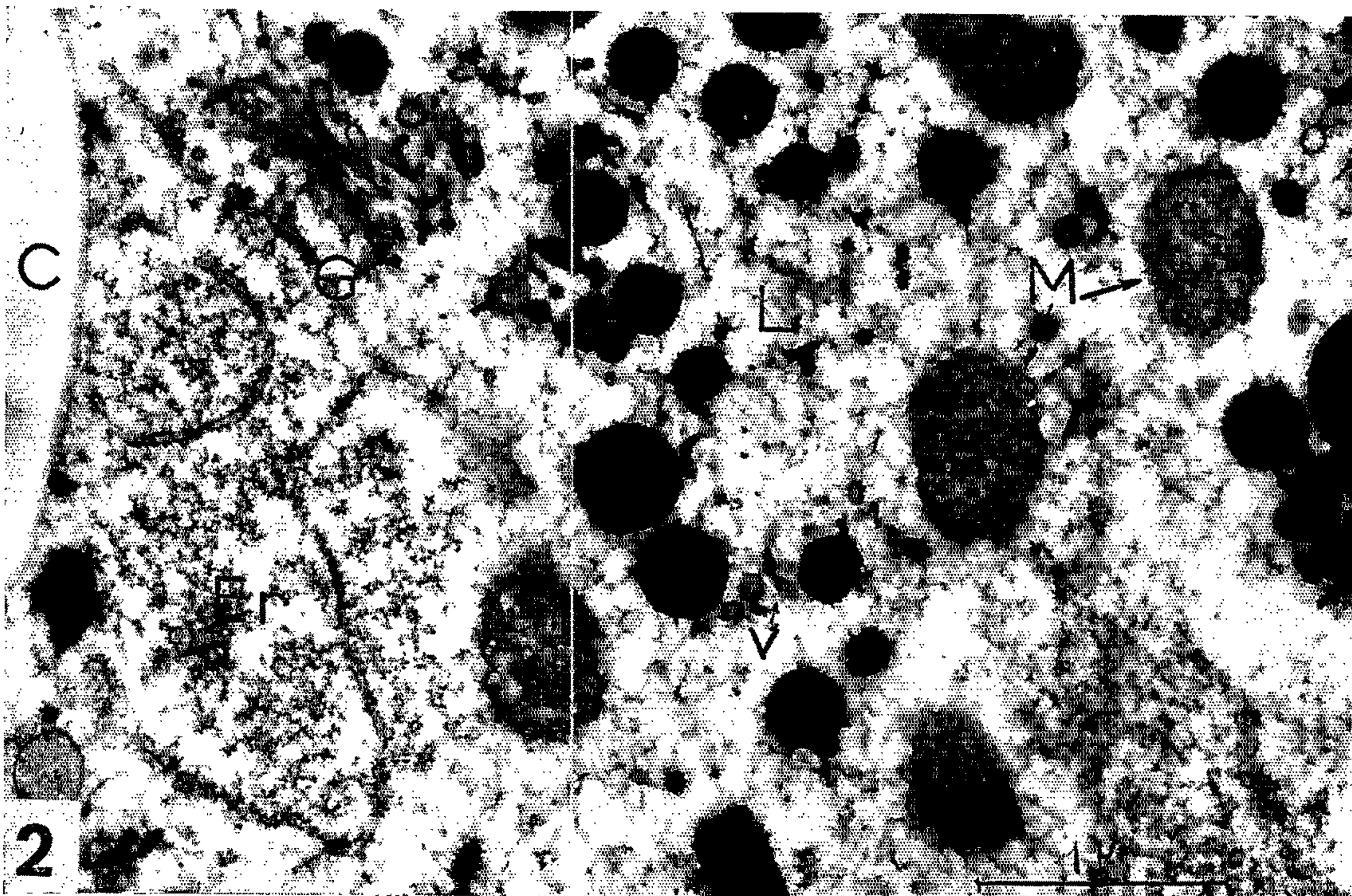
a, aiguille; C, chlorelle; Cq, coque; Ec, ectoplasme; En, endoplasme; Er, ergastoplasme; G, Golgi; L, lipides; M, mitochondries; N, noyau; Mn, membrane nucléaire; V, vésicules; 1, couche interne fibrillaire de la formation périnucléaire; 2, couche moyenne granuleuse de la formation périnucléaire; 3, couche externe vésiculifère de la formation périnucléaire.

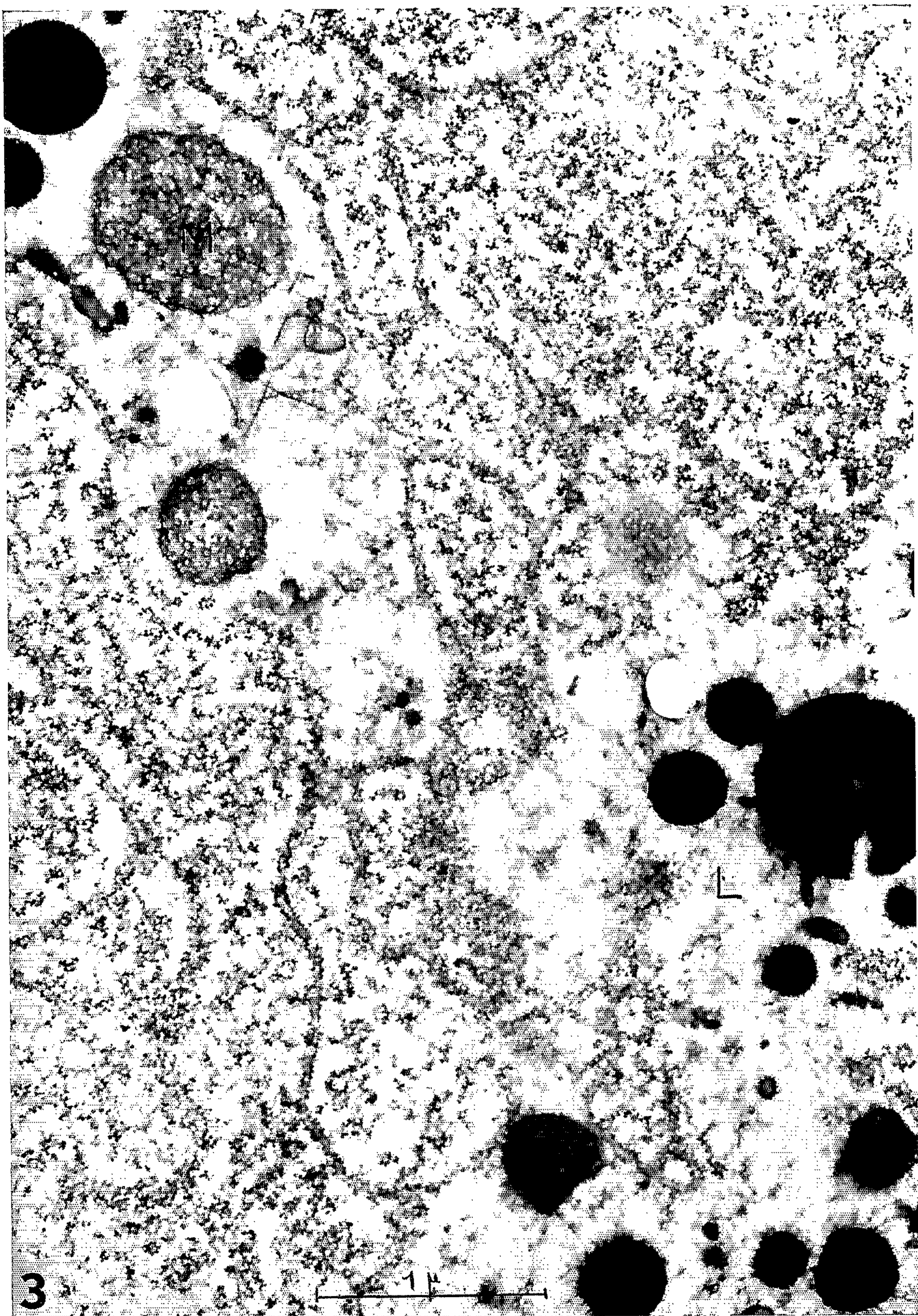
Fig. 1. — Coupe vers le pôle libre du Protiste permettant de distinguer l'ectoplasme (Ec) pourvu de microvillosités (Mic) et l'endoplasme (En). Noter encore les vésicules (v), les nombreuses aiguilles (a), des formations ergastoplasmiques (Er), une mitochondrie (M) et des lipides (L) (G × 27 500).

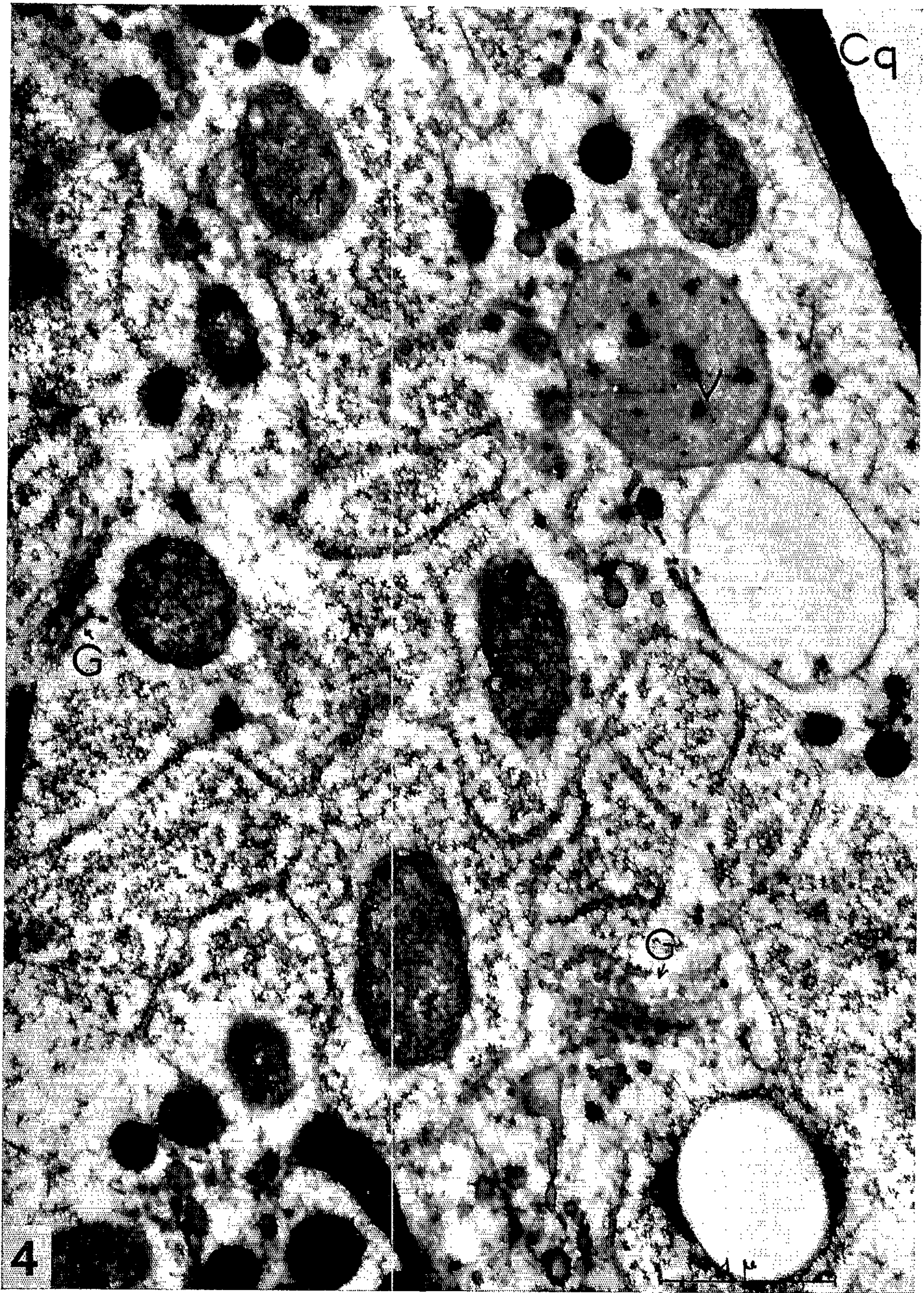
Fig. 2. — En plus des formations décrites dans la figure 1, cette coupe nous montre un dictyosome (G) et une capsule limitante de chlorelle (C) (G × 27 500).

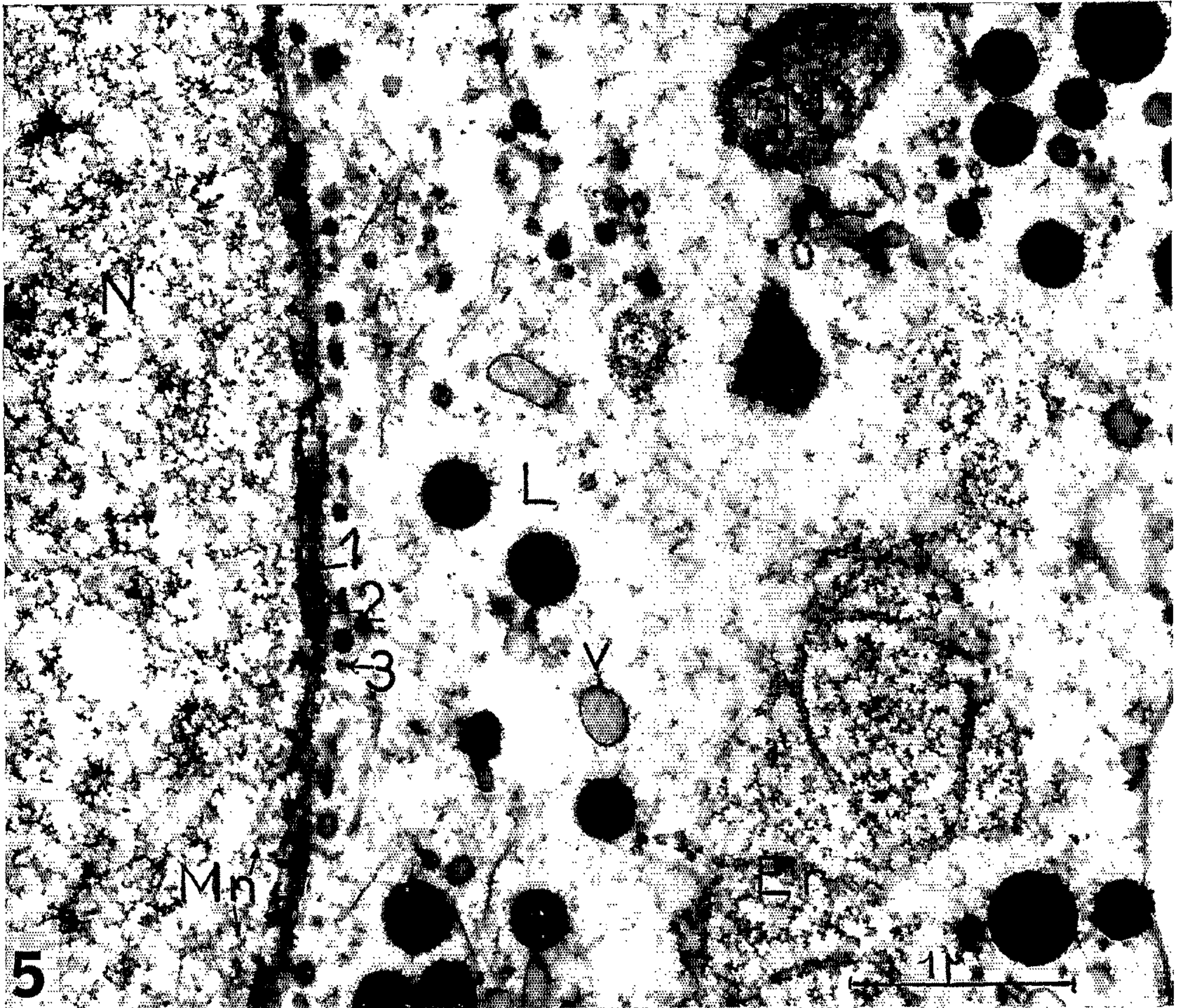
Fig. 3 et 4. — Ces deux coupes soulignent essentiellement l'importance et l'agencement des formations ergastoplasmiques (*fig.* 3 : G × 36 000; *fig.* 4 : G × 27 500).


M
Mic
V
Ec
Er
En
L
1


C
G
L
M
Er
V
2


M
L
3
1 µ


Cq
V
G
G
4
1μ


N
L
1
2
3
V
Mn
Er
1μ
5

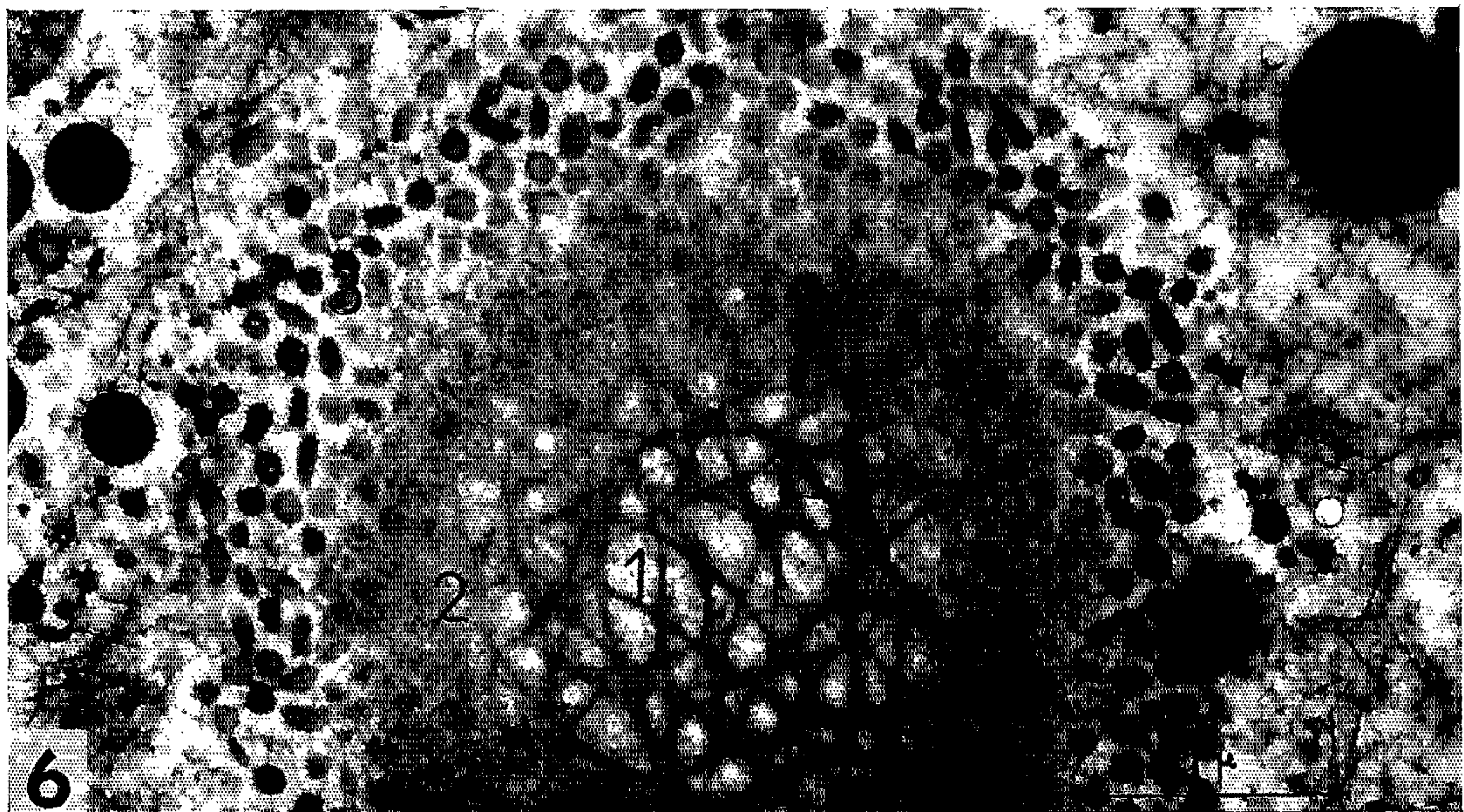

3
2
1
6

Fig. 5. — Coupe transversale au niveau de la membrane nucléaire (Mn). Noter les trois couches (1, 2, 3) de la formation périnucléaire (G × 27 500).

Fig. 6. — Coupe tangentielle à la surface du noyau et permettant de retrouver les trois couches périnucléaires traversées par les tuyaux en continuité avec les pores nucléaires (G × 27 500).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) R. Charret, *Thèse de 3e cycle*, Clermont-Ferrand, 9 décembre 1961.
(2) P. A. Albertsson et H. Leyon, *Exp. Cell. Res.*, 7, nº 1, 1954, p. 288-290.
(3) E. H. Mercer, *Proc. Roy. Soc.*, B, 150, 1959, p. 216-232.
(4) L. E. Roth, *J. Prot.*, 7, nº 2, 1960, p. 176-185.
(5) A. I. Cohen, *J. Bioph. and Bioch. Cyt.*, 3, nº 6, 1957, p. 859-865.
(6) L. Schneider et K. E. Wohlfarth-Bottermann, *Protoplasma*, 51, nº 3, 1959, p. 377-389.
(7) K. Deutsch et M. M. Swann, *Quaterly J. Microsc. Sc.*, 100, nº 1, 1959, p. 13-15.
(8) G. D. Pappas et Ph. W. Brandt, *J. Bioph. and Bioch. Cyt.*, 6, nº 1, 1959, p. 85-90.
(9) M. H. Greider, W. J. Kostir et W. J. Walter, *J. Bioph. and Bioch. Cyt.*, 2, nº 4, suppl., 1956, p. 445-447.
(10) G. D. Pappas, *J. Bioph. and Bioch. Cyt.*, 2, nº 4, suppl., 1956, p. 431-434.
(11) L. E. Roth, Ph. D. Obetz et E. W. Daniels, *J. Bioph. and Bioch. Cyt.*, 8, nº 1, 1960, p. 207-220.
(12) H. W. Beams, T. Tahmisian et T. N. Devine, *Exp. Cell. Res.*, 18, 1959, p. 366-369.
(13) P.-P. Grassé et J. Théodoridès, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1278; *Ann. Sc. Nat. Zool. Biol. ani.*, 12e série, 1, 1959, p. 237-252.

(*Centre de Biologie cellulaire, Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand, Laboratoire d'Évolution des Êtres organisés, C.N.R.S., 105, boulevard Raspail, Paris, 6e, Collège Scientifique Universitaire d'Amiens* et *Station Biologique de Besse-en-Chandesse, Puy-de-Dôme.*)

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le maintien et le développement du canal de Müller droit de l'embryon de Poulet femelle dans certaines conditions expérimentales.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Thiébold**, présentée par M. Robert Courrier.

Un greffon placé au voisinage de l'ostium müllérien droit et relié à lui par un méso conjonctif peut entraîner le maintien et le développement normal du canal de Müller droit chez l'embryon de Poulet femelle.

Il est admis, dans l'état actuel de nos connaissances sur la différenciation sexuelle de l'embryon de Poulet, que la régression du canal de Müller (C. M.) droit femelle est le résultat d'une action hormonale [(1), (2)]. Y. Lutz-Ostertag (1954) (3) a étudié les processus histologiques de cette régression et a pu montrer qu'il s'agissait là, comme dans le cas de la régression des C. M. mâles d'un phénomène de nécrose, suivi d'autolyse. Les expériences de castrations totales et unilatérales (Ét. Wolff, 1949) (1) montrent que la gonade embryonnaire est responsable de cette régression. On sait, d'autre part, que les C. M. mâles aussi bien que le C. M. droit femelle peuvent être stabilisés chez les embryons incubés à haute température (Stoll, 1948) (4). Il semble clairement établi (Salzgeber, 1959) (5) que ce résultat soit dû à l'altération de la réactivité des territoires müllériens qui ne répondent plus à l'action hormonale responsable de leur régression dans l'organogenèse normale.

Les résultats dont je rends compte ici concernent des cas de maintien de C. M. apparemment sans aucun rapport avec un mécanisme hormonal. Au cours de recherches expérimentales sur la différenciation müllérienne par la méthode des greffes cœlomiques (Thiébold, 1962) (6), j'ai eu l'occasion de pratiquer sur des séries témoins des greffes de tissus neutres. Les implantations étaient réalisées selon la technique d'Ét. Wolff (1947 (7) sur des embryons de deux jours, le fragment étant toujours placé à droite, au niveau ou immédiatement en avant du départ de l'artère vitelline, soit légèrement en avant de l'emplacement du futur ostium droit. Sur les sept embryons femelles ainsi opérés et sacrifiés au-delà du 12e jour de l'incubation, deux présentaient un C. M. droit complètement développé, équivalent par sa différenciation en canal gauche; leur ostium était en rapport avec le greffon par un méso.

J'ai alors voulu m'assurer qu'il s'agissait là d'un phénomène reproductible et qu'il y avait relation significative entre le maintien du C. M. droit et les rapports contractés par son ostium avec le greffon placé à son voisinage.

Le tableau I donne le compte rendu des expériences que j'ai réalisées et des résultats enregistrés quant au maintien des C. M. droits femelles. Il convient de faire les commentaires suivants :

TABLEAU I.

Séries expéri-mentales.	Tissus greffés.	Nombre d'embryons greffés ou incisés.		Embryons femelles porteurs d'un greffon ou incisés autopsiés au delà du 12ᵉ jour.		Embryons femelles présentant un canal de Müller droit équivalent au gauche.	
		Côté droit.	Côté gauche.	Opérés côté droit.	Opérés côté gauche.	Opérés côté droit.	Opérés côté gauche.
T.....	Mésonéphros (*)	23	–	7	–	2	–
A.....	Mésonéphros (*)	52	49	21	13	6	0
B.....	Bourgeons de membres de 5 jours	41	47	13	8	8	0
C.....	Gonade gauche femelle de 8 jours	27	38	11	13	2	0
D.....	Simple incision dans la somatopleure	35	33	11	17	0	0

(*) Les tissus implantés provenaient toujours d'embryons de 8 jours d'incubation, mâles ou femelles. Il n'y a pas de relation entre le maintien éventuel du C. M. droit chez les hôtes femelles et le sexe du donneur.

1. Un fragment d'organe implanté selon la technique que j'ai régulièrement mise en œuvre, s'il ne se trouve pas inclus dans la paroi somatopleurale de l'hôte, se présente suspendu dans la cavité générale par un méso, le plus souvent très court, le rattachant à la paroi. Dans ce dernier cas, il n'est pas rare de constater que d'autres ligaments se sont développés entre le greffon et divers organes de la cavité viscérale : crête latérale du mésonéphros, gonade, anse intestinale, ostium müllérien, etc. Dans tous les cas de maintien de C. M. droits que j'ai pu observer, un tel ligament mettait en relation l'ostium correspondant et le greffon. Tout se passe donc comme si ce ligament, retenant le C. M. vers l'avant avait empêché son raccourcissement antéro-postérieur. On retiendra pourtant à ce propos que les C.M. ainsi maintenus ne se montrent en aucun cas étirés, mais qu'ils se sont développés de la même manière que leur homologue de gauche, leur partie distale notamment, formant à partir du 12ᵉ jour une ébauche de glande coquillière.

2. Aucun des embryons appartenant à la série D, qui ont subi les mêmes incisions que ceux des autres séries mais sans recevoir de fragment d'organe, ne présente de maintien müllérien droit. Ce résultat appuie l'hypothèse selon laquelle le canal n'est maintenu dans nos expériences que dans les cas où son extrémité ostiale contracte des rapports avec une masse tissulaire étrangère située à son voisinage.

3. En aucun cas je n'ai observé d'anomalie dans la différenciation müllérienne des mâles ainsi opérés; de même la présence d'un greffon du côté gauche chez les embryons femelles n'a jamais donné lieu au maintien du C. M. droit. On peut donc écarter toute hypothèse de stabilisation due à une action traumatisante et faisant intervenir un mécanisme hormonal d'origine cortico-surrénalienne (Leroy, 1949) [8] (*voir* aussi à ce propos Wolff et coll., 1951) [9].

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) ÉT. WOLFF, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 1239-1241.
(2) GROENENDIJK et HUIJBERS, *Anat. Rec.*, 142, 1962, p. 9-19.
(3) Y. LUTZ-OSTERTAG, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 88, 1954, p. 333-412.
(4) R. STOLL, *Arch. Anat. Micr. Morph. Exp.*, 37, 1948, p. 333-346.
(5) B. SALZGEBER, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 1707.
(6) J. J. THIÉBOLD, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2450.
(7) ÉT. WOLFF, *Arch. Anat. Micr. Morphol. Exp.*, 36, 1947, p. 69-90.
(8) P. LEROY, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 1350-1351.
(9) ÉT. WOLFF, K. HAFFEN, Y. LUTZ-OSTERTAG et B. SALTZGEBER, *Arch. Anat. Micr. Morphol. Exp.*, 40, 1951, p. 168-182.

(*Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences, Strasbourg.*)

PHYSIOLOGIE. — *Variation de l'activité des désoxyribonucléases sériques au cours de l'hypertrophie compensatrice du foie.* Note (*) de Mme **Anne-Marie de Recondo**, MM. **Charles Frayssinet** et **Pierre May** (1), présentée par M. Robert Courrier.

Après hépatectomie partielle, on peut constater chez le Rat une augmentation de l'activité des désoxyribonucléases (DNases I et II) du sérum, ce phénomène étant particulièrement net pour la DNase I. Toutefois, la dénaturation thermique préalable du DNA substrat a comme effet de réduire nettement cette augmentation (mesure d'activité faite par le dosage du désoxyribose de la fraction acidosoluble).

Plusieurs auteurs ont montré que les DNases favorisent, à faibles concentrations, la polymérisation *in vitro* de l'acide désoxyribonucléique et plus généralement divers processus de croissance [(4), (7), (9)]. Nous nous sommes donc proposé d'étudier les variations d'activité des désoxyribonucléases sériques au cours de l'hypertrophie compensatrice du foie.

Techniques. — Nous nous sommes placés dans les conditions expérimentales préconisées par Kowlessar (5). Nous avons estimé l'activité enzymatique de deux façons : soit en dosant le désoxypentose de la fraction acidosoluble libérée par le sérum en 1 h à partir d'une solution de DNA de thymus de veau hautement polymérisé, soit en suivant à l'aide d'un viscosimètre rotatif la chute de viscosité de cette solution. La technique utilisée permet de suivre la cinétique de l'action enzymatique dès la mise en contact du sérum avec le substrat.

Résultats. — Le tableau I montre qu'au cours de l'hypertrophie compensatrice du foie, l'activité des désoxyribonucléases I et II mesurée par le dosage du désoxypentose, est fortement augmentée, surtout dans le cas de la DNase I. Le maximum d'activité se situe entre la 36e et la 48e heure après ablation des deux tiers du foie et correspond à l'apparition de nombreuses mitoses dans le parenchyme hépatique. Le retour à la normale se fait ensuite très lentement.

Dans la suite de notre travail nous avons étudié plus spécialement le phénomène marquant, à savoir l'augmentation d'activité de la DNase I. Nous avons pu ainsi constater que le sérum de rat prélevé 36 à 48 h après hépatectomie provoque une chute relative de la viscosité spécifique beaucoup plus rapide que celle entraînée par le sérum normal. La différence d'action entre les deux sérums apparaît instantanément et reste très marquée dans les premières 30 mn alors que les fractions acidosolubles, dosées parallèlement, demeurent encore négligeables. D'autre part, nous avons étudié l'action de la DNase I sur du DNA soumis à une dénaturation thermique plus ou moins poussée. Cette dénaturation du DNA a pour effet de diminuer la fraction acidosoluble libérée par le sérum de

TABLEAU I.

Variations de l'activité des DNases sériques au cours de l'hypertrophie compensatrice du foie.

	Témoins.	Opérés à blanc. — Temps écoulé depuis l'opération.		Hépatectomisés. — Temps écoulé depuis l'hépatectomie partielle.						
		40 h.	60 h.	12 h.	18 h.	24 h.	36 h.	48 h.	60 h.	4 mois.
DNase I...	5,3±0,1	7,5±1,6	9,9±2,5	15,8±4,9	22,4±4,4	40,4±5	49,0±9,6	57,3±9,6	46,8±10,7	14,4±2,2
	$n=24$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=6$	$n=6$	$n=9$	$n=10$	$n=7$	$n=5$
DNase II...	8,2±0,3	4,7±0,3	5,3±0,6	9,5±1,9	11,4±1,7	13,0±1,3	14,2±1,8	14,7±1,0	12,7± 0,8	10,6±0,6
	$n=25$	$n=5$	$n=5$	$n=5$	$n=6$	$n=6$	$n=9$	$n=10$	$n=8$	$n=5$

Sur ce tableau l'activité enzymatique est exprimée en microgrammes de P acidosoluble libéré par 1 ml de sérum en 1 h à 37°. On passe du désoxypentose au P par l'intermédiaire d'une gamme étalon préparée à partir d'une solution de DNA hydrolysée à chaud par l'acide perchlorique.

n, nombre de résultats expérimentaux.

Le DNA utilisé dans ces expériences est du DNA Sigma type II.

TABLEAU II.

Influence de la dénaturation thermique du DNA sur l'activité de la DNase I de sérum de rat hépatectomisé.

N° du sérum (*).	DNA utilisé comme substrat.	Pourcentage de l'activité retrouvée après dénaturation préalable du DNA, c'est-à-dire : $\frac{\text{P (dénaturé)}}{\text{P (natif)}} \times 100$ (**). — après un traitement de 10 mn à 92°.	après un traitement de 30 mn à 92°.	Après un traitement de 120 mn à 92°.
1......................	Choay	–	54 %	56 %
2......................	»	66 %	–	48 »
3......................	»	89 »	47 »	48 »
		78 »	66 »	52 »
4......................	»	69 »	69 »	63 »
5......................	»	78 »	66 »	57 »
			Après un traitement de 3 mn à 98°.	
6......................	Sigma type II	–	44 %	–

(*) Les sérums utilisés dans cette expérience ont été prélevés 24 à 48 h après hépatectomie et avaient tous au départ, une activité désoxyribonucléasique I environ 10 fois plus forte que celle des sérums témoins.

(**) P (natif) : P de la fraction acidosoluble libérée par le sérum en 1 h à partir d'un DNA non dénaturé;

P (dénaturé) : P de la fraction acidosoluble libérée dans le même temps par le même sérum à partir d'un DNA ayant subi le traitement thermique indiqué.

Le DNA a été dénaturé en solution ClNa 0,15 M. pH 7.

rats en plein processus d'hypertrophie compensatrice (tableau II) cette diminution n'ayant pas lieu avec le sérum de rats témoins ou avec une solution de DNase cristallisée de pancréas de bœuf.

Discussion et Conclusion. — Nous avons constaté une nette augmentation de l'activité des désoxyribonucléases sériques I et II après hépatectomie partielle dans la phase correspondant à la vague de mitoses. Ce fait est à rapprocher de l'augmentation d'activité des DNases tissulaires constatée dans le foie en hypertrophie compensatrice [(2), (9), (3)]. En ce qui concerne la DNase I, deux faits sont à souligner :

1° Dès les premiers stades de l'attaque, l'enzyme du sérum de rat hépatectomisé détermine une vitesse de réaction très supérieure à celle observée avec l'enzyme de sérum témoin.

2° La dénaturation thermique préalable du DNA substrat diminue la quantité de produits acidosolubles libérés par le sérum de rat en hypertrophie compensatrice.

Le premier de ces phénomènes peut traduire une simple augmentation du taux d'enzyme ou correspondre à une modification plus complexe de l'ensemble [enzyme-inhibiteur-activateur]. Nous nous appliquons actuellement à résoudre ce problème. Quant à la dénaturation thermique du DNA substrat, elle met en évidence la complexité des mécanismes mis en jeu. Certains auteurs ont signalé que le DNA dénaturé était moins bien attaqué par les désoxyribonucléases [(5), (8)] mais dans nos expériences, seule l'activité du sérum de rat hépatectomisé est modifiée par la dénaturation thermique du substrat. Doit-on envisager une modification qualitative et non seulement quantitative de l'action enzymatique au cours de l'hypertrophie compensatrice ? Nous nous efforçons également d'apporter une réponse à cette question.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) Ce travail a été effectué avec la collaboration technique de Mlle M. Hardy.

(2) S. Brody, *Nature*, 182, 1958, p. 1386-1387.
(3) R. Goutier et coll., *Int. J. Rad. Biol.*, suppl. 1, 1960, p. 93.
(4) H. M. Keir, B. Binnie et R. M. S. Smellie, *Biochem. J.*, 82, 1962, p. 493-499.
(5) O. D. Kowlessar et coll., *Arch. Biochem. and Biophys.*, 54, 1955, p. 355-358.
(6) N. B. Kurnick, *J. Amer. Chem. Soc.*, 76, 1954, p. 4040-4041.
(7) I. R. Lehman, *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 81, 1959, p. 744-755.
(8) A. B. Stone, K. Burton, *Biochem. J.*, 83, 1962, p. 492-497.
(9) R. K. Zahn, *Abstracts of International Biophys. Congress Stockholm*, 1961, p. 231.

(*Centre de Recherches sur la Cellule normale et cancéreuse, C. N. R. S., Villejuif.*)

BIOLOGIE. — *Le développement* in vitro *des œufs de* Pœciliidæ (*Cyprinodontes vivipares*). Note (*) de M. **Jean Dépêche**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons obtenu, *in vitro*, le développement des œufs fécondés des Cyprinodontes vivipares *Lebistes, Xiphophorus* et *Mollienisia* dans des solutions salines équilibrées et stériles. Les milieux renfermant des ions phosphates (Keynes et Martins-Ferreira, Hanks), en évitant un œdème péricardique, permettent le mieux d'assurer un développement embryonnaire complet. Chez les espèces étudiées, les échanges materno-embryonnaires semblent se limiter aux gaz respiratoires, à l'eau et aux sels minéraux.

Le développement embryonnaire des *Pœciliidæ* s'effectue entièrement à l'intérieur des follicules ovariens. Afin de préciser la nature et les limites des rapports physiologiques materno-embryonnaires qui s'établissent au cours de cette gestation intra-folliculaire, nous avons recherché le « milieu minimum » susceptible de permettre, *in vitro*, le développement complet des œufs. Trinkaus et Drake [1] ont déjà pu observer un développement partiel des embryons de *Lebistes* dans une solution de Ringer mais ce premier résultat ne semble pas avoir suscité jusqu'ici de nouvelles recherches.

Nos expériences ont porté sur les œufs de *Lebistes reticulatus, Xiphophorus helleri* et *Mollienisia latipinna*, espèces chez lesquelles la gestation dure trois semaines environ. Les femelles sont isolées afin de préciser la date des parturitions. Dans nos conditions d'élevage ($t = 25^{\circ}C$, éclairement : 10 h par jour), nous constatons, dans l'ovaire, la présence d'œufs fécondés indivis (ou au début de leur segmentation) 8 à 10 jours après la fin de la gestation précédente. Les œufs, prélevés stérilement, ne conservent autour d'eux que leur chorion. Ils sont placés dans des milieux qui, après stérilisation, sont oxygénés par barbotage d'air stérile, renouvelés fréquemment et maintenus à 25°C.

La survie des embryons ne dépasse jamais quelques heures dans l'eau distillée, l'eau ordinaire et même le sérum physiologique (Na Cl de 6 à 9 ‰).

Toutefois, lorsque les œufs de *Lebistes*, de *Xiphophorus* et de *Mollienisia* qui viennent d'être fécondés sont placés dans une solution de Ringer, ils peuvent poursuivre *in vitro* leur développement une dizaine de jours, atteignant un stade correspondant à celui auquel ils seraient parvenus *in vivo* au bout d'un temps analogue. D'autre part, placés dans les mêmes conditions, les embryons dont le développement est déjà très avancé, peuvent, *in vitro* aller jusqu'au terme (régression complète de la vésicule vitelline).

L'apparition d'une dilatation anormale de la cavité péricardique est l'obstacle premier à toute culture prolongée dans la solution de Ringer, la distension du tube cardiaque déterminant des troubles circulatoires

et la mort de l'embryon. Nous avons essayé d'éviter cet œdème péricardique en faisant appel aux milieux de culture les plus variés. Le milieu de Holtfreter, l'eau de mer artificielle rendue isotonique et même les milieux spécialement adaptés à la culture des tissus de Téléostéens (liquides d'Altamiro et Coates, de Schoffeniels, de Young) ne nous ont pas fourni de résultats plus satisfaisants à cet effet que le milieu de Ringer. Ce n'est pas la pression osmotique de ces milieux qui doit être mise en cause car le gonflement péricardique se manifeste toujours lorsque la valeur de celle-ci est expérimentalement doublée ou réduite de moitié. L'addition de Dextran (1 ou 2 %) ne fait que retarder l'apparition de l'œdème. L'ajustement du pH à des valeurs diverses comprises entre 5,5 et 8,5 est également inefficace. Nous n'avons pas constaté d'action particulièrement favorable du glucose (0,5 à 3 %). Enfin, si une oxygénation insuffisante du milieu paraît, à la longue, susceptible d'exagérer l'œdème péricardique, l'aération permanente des cultures par barbotage d'air stérile ne suffit pas à l'éviter.

Tableau récapitulatif figurant la composition des milieux de culture utilisés.

(Quantités exprimées en grammes par litre d'eau bi-distillée).

	NaCl.	KCl.	$CaCl_2$.	$MgCl_2$.	$NaHCO_3$.	Na_2HPO_4.	NaH_2PO_4.	Autres sels.	
Ringer	6,50	0,14	0,12	–	0,20	–	–	–	(*)
Holtfreter	3,50	0,05	0,10	–	0,20	–	–	–	(*)
Altamiro et Coates	11,10	0,37	0,33	0,14	–	–	–	–	(*)
Schoffeniels	9,36	0,37	0,67	0,14	–	–	–	–	(*)
Young	6,50	0,14	0,12	–	q. s. p. pH 6,5	–	–	–	(*)
Eau de mer artificielle	23,48	0,66	1,10	4,98	0,19	–	–	Na_2SO_4 : 3,92; KBr : 0,096; H_3BO_3 : 0,026; $SrCl_2$: 0,024 (NaF : 0,003)	(*)
Keynes et Martins-Ferreira	9,88	0,37	0,33	0,14	–	0,17	0,04	KH_2PO_4 : 0,10;	(**)
Hanks (sans glucose)	8,00	0,40	0,20	–	1,40	0,08	–	$MgSO_4$: 0,10	(**)

(*) Développement limité; gonflement péricardique quelle que soit la valeur de la pression osmotique (0,5 à 2 P de la solution isotonique), du pH (5,5 à 8,5), et qu'on ait ajouté ou non du glucose (0,5 à 3 %).

(**) Possibilité de développement complet; cavité péricardique très peu dilatée.

Il nous est apparu que le milieu de Keynes et Martins-Ferreira est celui qui permet le mieux d'obtenir un développement embryonnaire complet *in vitro* chez *Lebistes*, *Xiphophorus* et *Mollienisia*. La dilatation de la cavité péricardique que l'on observe parfois dans ce liquide est très légère et n'entraîne qu'exceptionnellement des accidents circulatoires.

Des œufs ayant commencé leur développement dans une solution de Ringer peuvent atteindre le terme à condition d'être transportés à temps dans la solution de Keynes. Ce transfert doit être effectué au plus tard une dizaine de jours après la mise en culture dans le milieu de Ringer. Comme l'incorporation du phosphore dans l'embryon de *Lebistes* se fait

surtout pendant la seconde moitié de la gestation ([2]), il est possible que les ions phosphates du milieu de Keynes jouent un rôle important dans le métabolisme de l'embryon se développant *in vitro*. Nous avons trouvé que le liquide de Hanks (préparé sans glucose), qui renferme également des ions phosphates, est très favorable à la culture des œufs de *Pœciliidæ*.

Conclusions. — Le développement *in vitro* des œufs de *Lebistes*, *Xiphophorus* et *Mollienisia* peut s'effectuer dans un certain nombre de solutions salines équilibrées. La participation de phosphates à l'équilibre ionique du milieu de culture nous paraît éviter le gonflement péricardique (*voir* tableau récapitulatif).

L'observation du développement embryonnaire complet *in vitro*, dans des milieux de culture ne renfermant que des sels minéraux, montre que chez les espèces de Cyprinodontes vivipares étudiées, les échanges intrafolliculaires entre la mère et les embryons semblent se limiter aux gaz respiratoires, à l'eau et aux sels minéraux.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

([1]) J. P. TRINKAUS et J. W. DRAKE, *Anat. Rec.*, 112, n° 2, 1952, p. 435.

([2]) H. L. ROSENTHAL, *Biol. Bull.*, 103, 1953, p. 160-165.

(*Laboratoire d'Évolution des Etres organisés, 105, boulevard Raspail, Paris, 6e.*)

BIOLOGIE. — *Données sur la reproduction d'un Solifuge* : Othœs saharæ *Panouse*. Note (*) de M. **Claude Junqua**, présentée par M. Louis Fage

Les organes génitaux commencent à se développer pendant la période de léthargie qui précède la mue adulte, celle-ci pouvant intervenir à partir du sixième stade. L'accouplement a été étudié et filmé. Le mâle meurt après s'être accouplé quatre à huit fois. La femelle meurt deux mois environ après l'accouplement, lorsque les jeunes se sont dispersés.

L'âge adulte est atteint à l'occasion d'une mue qui peut être aussi bien la sixième que l'une des suivantes (l'animal pouvant en effectuer une dizaine).

Chez la femelle, il se caractérise uniquement par le développement des ovaires, la morphologie restant inchangée par rapport aux stades nymphaux. Chez le mâle, par contre, le développement des organes génitaux s'accompagne de l'apparition de caractères morphologiques nouveaux concernant les chélicères, les pédipalpes et les raquettes coxales.

Les organes génitaux sont, chez les nymphes, à l'état d'ébauches extrêmement rudimentaires, n'occupant guère qu'un espace d'un à deux millimètres de part et d'autre de la fente génitale. Le sexe est cependant reconnaissable à la loupe après dissection.

Ils commencent à se développer au cours de la période de « léthargie » qui précède la mue [1].

Lors de celle-ci, les ovaires, chez la femelle, s'étendent presque tout le long des parois latérales de l'opisthosoma et portent chacun un feston d'ovules encore très petits; chez les mâles, les vésicules déférentes se sont développées et les tubes testiculaires, dans lesquels se mouleront les spermatophores, ont envahi tout l'abdomen, inextricablement mêlés aux diverticules digestifs.

La maturition des produits génitaux se poursuit encore pendant huit à dix jours. Puis, chez le mâle, les spermatophores, au nombre de plusieurs centaines, quittent les tubes séminifères et s'accumulent dans les vésicules distendues.

L'accouplement intervient alors. Nous l'avons observé à maintes reprises et en avons fait un film qui est déposé au Service du Film de la Recherche Scientifique.

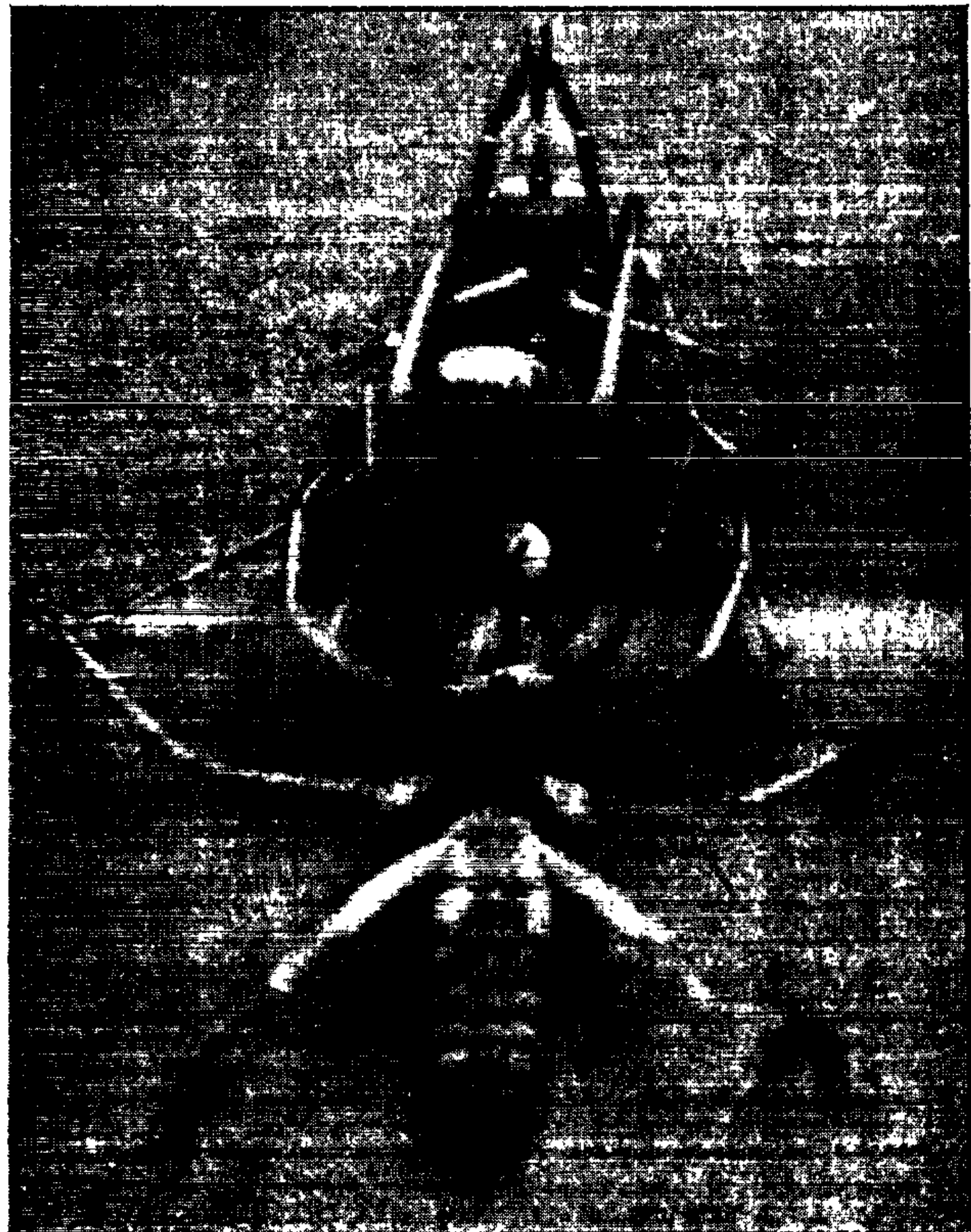
Le mâle n'accepte pas un partenaire quelconque. Il ne s'accouple qu'avec une femelle mâture; par contre, il peut s'accoupler plusieurs fois avec la même femelle, ou avec une femelle déjà fécondée par un autre mâle.

Les péripéties de l'accouplement seront décrites ultérieurement. Elles se terminent par l'introduction dans la chambre génitale de la femelle, au

moyen des chélicères du mâle, d'une masse spermatique constituée d'une centaine de spermatophores.

On ne peut guère considérer que la mâle court un risque pour réaliser la fécondation, car il est d'une taille en rapport avec celle de la femelle qui, d'ailleurs, dès le premier contact, se fige dans la position voulue (*fig.*) et n'offre absolument aucune résistance.

Le mâle peut s'accoupler de quatre à six fois selon son stade. Après quoi il meurt. Depuis sa mue d'adulte, il ne s'est pas nourri, l'instinct de chasse semblant aboli.



Accouplement : Introduction de la masse spermatique.

La femelle, au contraire, se nourrit abondamment après l'accouplement. Puis elle s'enterre profondément et ne quitte plus son terrier. Vingt-cinq à trente jours après l'accouplement, les œufs (au nombre de quarante à cent selon le stade de la femelle) sont pondus en une seule fois. Quelques heures après, la rupture du chorion donne naissance aux larves, aveugles et inertes. Suit une période d'organogenèse qui dure de dix à quinze jours et se termine par une mue donnant naissance au premier stade nymphal. Les jeunes nymphes restent encore quelques jours dans le terrier avec la mère, puis elles se dispersent.

A aucun moment, la femelle n'apporte le moindre soin à sa progéniture. Lors du départ des jeunes, elle se trouve dans un état d'épuisement extrême et il semble bien qu'elle ne puisse survivre à la reproduction. Nous n'avons jamais pu maintenir en vie après cette échéance les femelles que nous avions en élevage.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) C. JUNQUA, *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 83, nos 2-3, 1958, p. 262, 3 figures.

(*Laboratoire de Zoologie du Muséum, Arthropodes.*)

RADIOBIOLOGIE. — *Radiovaccination cutanée du Lapin.* Note de
M. **Jean Loiseleur**, M[lle] **Liliane Catinot** et M[me] **Annick de Vomécourt**,
présentée par M. Antoine Lacassagne.

L'irradiation, à quelques jours d'intervalle, de plusieurs champs cutanés différents entraîne chez le Lapin la restauration des radiolésions consécutives à chacune de ces irradiations. Cette réparation se manifeste dès la deuxième irradiation et devient de plus en plus rapide quand le nombre des plages irradiées augmente, ce qui marque les étapes de la radiovaccination.

L'irradiation de la peau du Rat (1) a montré que l'irradiation d'un second champ cutané déclenche, dans chacun des deux champs irradiés, une activité de réparation comparable à celle d'une cicatrisation normale. En répétant l'expérience sur le Lapin, ce phénomène trouve une confirmation remarquable, puisqu'il devient alors possible d'augmenter le nombre des champs irradiés. L'expérience a porté sur 48 animaux, dans des conditions différentes, en opérant, soit avec un tube Machlett, soit avec un appareil de contacthérapie.

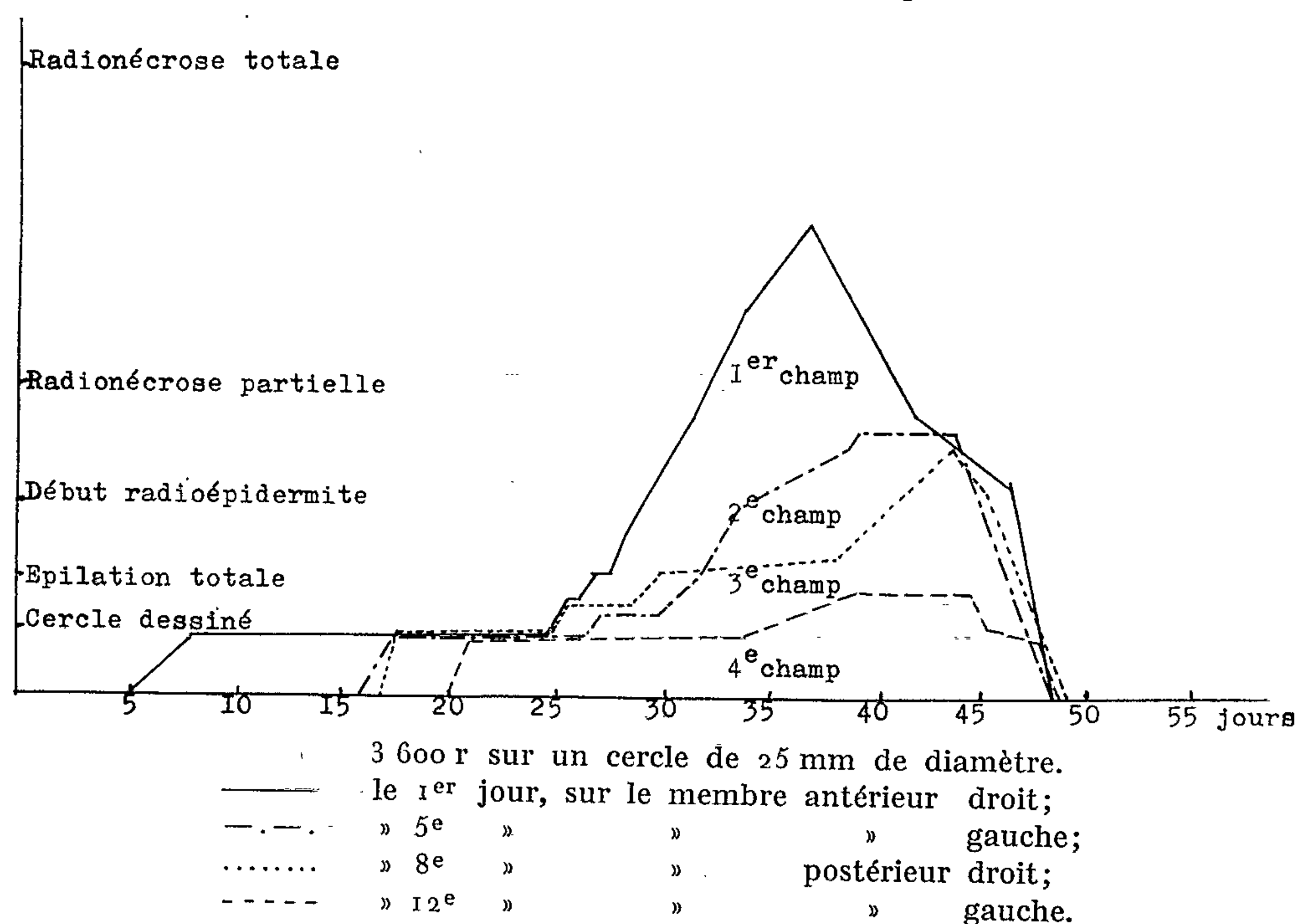
Dans ce cas (50 kV, 2 mA, filtration par 2,2 mm d'aluminium; distance : 2 cm; durée : 155 s), on administre, les 1[er], 5[e], 8[e] et 12[e] jours, 3 600 r sur quatre champs successifs, de 25 mm de diamètre, prélevés sur la partie antérieure de chaque membre. La courbe montre l'atténuation très régulière des lésions dans chacun des champs successifs; le dernier champ ne présente plus que des lésions insignifiantes. On reconnaît ici les étapes d'une radiovaccination analogue à celle qui a été constatée sur le Rat (2); comme dans ce dernier cas, la radiovaccination peut être attribuée à l'apparition, dans le sang, d'un « facteur de restauration ».

Il faut remarquer que chez le Rat, qui se prête difficilement à l'augmentation du nombre des champs irradiés, la radiovaccination est obtenue par l'intervention successive de deux agressions différentes, l'une chimique avec le dinitrophénol, l'autre radiologique. Dans le cas du Lapin, la radiovaccination, c'est-à-dire la présence durable d'une quantité suffisante du facteur de restauration, est manifeste aussitôt après l'irradiation du troisième champ : ce qui rend inutile l'intervention de l'agression chimique.

D'autre part, cette radiovaccination entraîne une aptitude de restauration, mais aucune radioprotection préventive. Il suffit d'observer, sur la courbe, que le début des radiolésions successives présente toujours la même allure : il n'existe donc aucune radioprotection initiale, mais au contraire une restauration de plus en plus marquée. Autrement dit, le facteur de restauration — que le dosage va identifier au DNA — possède la même radiosensibilité que les nucléoprotéines qu'il est chargé de protéger. Il ne peut donc exercer aucun effet préventif, mais un effet curatif, s'il est amené, par la circulation, en quantité suffisante dans le tissu qui vient d'être irradié : c'est le cas d'un animal radiovacciné. Le tissu radionécrosé,

atone, prend alors le type d'un tissu cicatriciel doué d'une grande activité métabolique.

Cet effet de restauration peut être utilement rapproché de la cicatrisation d'une brusque coupure dans une peau saine. Dans ce cas, on peut supposer que les éléments nucléiques, libérés au niveau de la lésion, diffusent dans les cellules proximales non altérées et s'y comportent comme un stimulus capable d'y déclencher la synthèse des éléments correspondants. Ces éléments pénètrent dans le tissu lésé et assurent la réparation, qui est alors immédiate et résulte d'un stimulus unique.



3 600 r sur un cercle de 25 mm de diamètre.
——— le 1er jour, sur le membre antérieur droit;
—.—. » 5e » » » gauche;
.... » 8e » » postérieur droit;
- - - - - » 12e » » » gauche.

Au contraire, la première irradiation libèrerait un mélange disparate d'éléments nucléiques plus ou moins dégradés et ne pouvant entraîner qu'un stimulus imparfait. Les irradiations ultérieures viendraient alors compléter le stimulus initial et assurer la production des éléments de restauration.

Cette hypothèse repose essentiellement sur l'intervention des nucléoprotéines à trois étapes différentes : la présence de leurs déchets dans les produits de la radiolyse, l'action de ces déchets pour stimuler la synthèse dans la région non irradiée de la peau, l'action des produits de cette synthèse pour assurer la restauration des tissus radiolésés. Ce processus va être confirmé par l'apparition du DNA au cours de ces étapes de la restauration.

(1) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1339.
(2) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3609.

BIOCHIMIE. — *Sur les groupes terminaux des polysaccharides du* Bacillus cereus *W et du* Bacillus cereus 569. Note (*) de MM. **Laszlo Mester**, **Elemér Moczar** et **George Ivanovics**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La similitude sérologique des polysaccharides du *Bacillus anthracis* et du *Bacillus cereus* W s'explique par la présence de molécules terminales de D-galactose dans les deux produits, tandis que dans le polysaccharide du *Bacillus cereus* 569 les groupes terminaux sont formés par du D-glucose et en partie par des molécules d'hexosamine, ce qui explique son inactivité envers le sérum antianthrax.

La pathogénie de la maladie connue sous le nom de « charbon » reconnaît depuis la fin du dernier siècle le *Bacillus anthracis* comme agent. Cependant un grand nombre de microorganismes similaires au *B. anthracis* a été mis en évidence. Par exemple les différentes souches du *Bacillus cereus* sont considérées comme des prototypes des *Bacilli pseudoanthracis*. Certains auteurs sont même allés plus loin et ont déclaré que du point de vue morphologique et biologique le *B. anthracis* était une variété pathogénique du *B. cereus* [(1), (2)]. Cette opinion a été combattue par l'un de nous (3), ainsi que par Sterne et Proom (4), mais tout ceci montre qu'il existe encore des divergences à ce sujet.

Outre les similitudes morphologiques, certaines souches du *Bacillus cereus* ont les mêmes propriétés sérologiques, que le *Bacillus anthracis* (5).

C'est pour cette raison, qu'une étude plus poussée de la structure des polysaccharides de ces deux espèces et en particulier des groupements terminaux, a été entreprise.

Le polysaccharide du *B. cereus* W, qui présente les mêmes propriétés immunologiques envers le sérum antianthrax que le polysaccharide du *B. anthracis*, contient les mêmes composés glucidiques que celui-ci, c'est-à-dire la D-glucosamine et le D-galactose, mais dans une proportion un peu différente (47,7 % de D-galactose et 30 % de D-glucosamine, contre 38,7 % de D-galactose et 37,8 % de D-glucosamine). Il contient aussi 11,4 % de groupements acétyle, dont seulement 1,1 % sous forme d'O-acétyl. La partie protéinique a la même composition, c'est-à-dire qu'elle est constituée par des acides muramique, glutamique, aspartique et diaminopimélique, ainsi que par de l'alanine et par de la glycine.

Le polysaccharide du *Bacillus cereus* 569, qui lui, est complètement inactif envers le sérum antianthrax, est composé par 17 % de D-glucose et par 47 % d'hexosamine (D-glucosamine et D-galactosamine). En plus, on a trouvé 3 % de D-xylose et 13,5 % de groupements acétyle, tous présents sous forme de groupes N-acétyle. La partie protéinique est comme dans le cas précédent composée d'acide muramique, glutamique, aspartique et diaminopimélique, ainsi que par de l'alanine et par de la glycine.

En ce qui concerne la structure du polysaccharide du *B. cereus* W, l'hydrolyse du produit complètement méthylé d'après la méthode de R. Kuhn ([5]) a fourni, d'une part du tétra-O-méthyl-D-galactose et du tri-O-méthyl-D-galactose (ce dernier en quantité beaucoup plus faible) et, d'autre part, de la mono- et di-O-méthyl-D-glucosamine. L'oxydation par l'acide periodique a fourni 56 % de l'acide formique calculé sur la totalité du D-galactose (tableau I).

TABLEAU I.

Polysaccharide du Bacillus cereus W.

Composition.		Produits de méthylation.	Oxydation par $NaIO_4$.
D-galactose :	47,7 %	Tétra-O-méthyl-2.3.4, 6-D-galactose	0,56 mol HCOOH par rapport au D-galactose
D-glucosamine :	30	(Tri-O-méthyl-D-galactose)	
Acétyl (total) :	11,4	Mono- et di-O-méthyl-D-glucosamine	
O-acéthyl :	1,1		
Partie péptidique			

De ces données on peut conclure que dans le polysaccharide du *Bacillus cereus* W il y a un squelette formé non seulement par de la D-glucosamine, mais aussi pour une part par des molécules du D-galactose, tandis que la majorité des molécules de D-galactose constitue des groupes terminaux.

Dans le cas du polysaccharide complètement méthylé du *Bacillus cereus* 569, on a pu retrouver après l'hydrolyse la totalité du D-glucose sous forme de tétra-O-méthyl-D-glucose, ce qui prouve que toutes les molécules de D-glucose sont terminales, ainsi qu'une faible partie des hexosamines, qui se présente dans l'hydrolysat sous forme de tri-O-méthyl-hexosamines. Ce fait est confirmé d'ailleurs par l'oxydation par l'acide periodique, qui a donné 90 % d'acide formique calculé sur la totalité de D-glucose (tableau II).

TABLEAU II.

Polysaccharide du Bacillus cereus 569.

Composition.		Produits de méthylation.	Oxydation par $NaIO_4$.
D-glucose :	17 %	Tétra-O-méthyl-2.3.4.6-D-glucose	0,90 mol HCOOH par rapport au D-glucose
Hexosamine :	47	Mono-, di- et tri-O- méthyl-hexosamines	
D-xylose :	3		
Acétyl (total) :	13,5		
Partie peptidique			

En ce qui concerne les hexosamines, on les retrouve dans l'hydrolysat sous forme de mono- et diméthylhexosamines, dont la présence prouve que ce sont les hexosamines qui forment le squelette de la molécule.

En résumé, la similitude sérologique des polysaccharides du *Bacillus anthracis* ([6]) et du *Bacillus cereus* W s'explique par la présence de molécules

terminales de D-galactose dans les deux produits, tandis que dans le polysaccharide du *Bacillus cereus* 569 les groupes terminaux sont formés par du D-glucose et en partie par des molécules d'hexosamine, ce qui explique son inactivité envers le sérum antianthrax.

(*) Séance du 22 octobre 1962.
(1) PATOCKA, *Cesk. Akad. v. a. u. Praha*, n° 4, 1934.
(2) N. R. SMITH, R. E. GORDON et F. E. CLARK, *Aerobic Mesophilic Sporeforming Bacteria*, U. S. Dept. Agricult., Washington Misc. Publ. n° 559, 1946.
(3) G. IVANOVICS et J. FÖLDES, *Acta Microbiologica Acad. Sc. Hung.*, 5, 1958, p. 89.
(4) M. STERNE et H. PROOM, *J. Bact.*, 74, 1957, p. 541.
(5) R. KUHN, *Angew. Chem.*, 72, 1960, p. 808.
(6) L. MESTER, E. MOCZAR et G. IVANOVICS, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 944.

(*Institut de Chimie des Substances naturelles, Centre National de la Recherche Scientifique, Gif-sur-Yvette* et *Institut de Microbiologie de l'Université, Szeged, Hongrie.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Études sur la biosynthèse de la cellulose. Cinétique de la formation d'un glucide non identifié dans les racines de Blé.* Note (*) de Mme **Claire de Gournay-Margerie**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'analyse des métabolites solubles des racines de Blé montre l'existence d'un glucide non identifié, formé en plus grandes quantités dans les racines précarencées en glucose que dans les racines normales. L'étude des conditions de formation de ce corps montre qu'il existe une corrélation entre sa présence et la baisse d'activité de synthèse de la cellulose.

Il a été montré que les racines de Blé cultivées en absence de source de carbone (racines O) diffèrent des racines cultivées en présence de glucose (racine G) par un certain nombre de propriétés [(1), (2)]. Malgré ces caractères, la composition de la réserve soluble (RS), c'est-à-dire de l'ensemble des métabolites solubles dans l'éthanol à 50 %, marquée après une incubation courte (moins de 10 mn) en présence de glucose $U^{14}C$ est très voisine pour les deux types de racines. On observe, cependant, au moins une différence : après une incubation de 30 s apparaît un métabolite X beaucoup plus marqué dans les racines O que dans les racines G (*fig.* 1). La formation rapide de X, notamment dans les racines qui ne synthétisent pas de cellulose, m'a incitée à étudier la cinétique d'incorporation de ^{14}C dans cette substance et à analyser sa structure; les premières données obtenues permettent de penser que X est un glucide (3).

Une première expérience permet de comparer l'effet de la durée de préculture en milieu O ou G sur l'incorporation de ^{14}C dans la cellulose et dans X (tableau I). Les racines directement prélevées sur le grain (0 h) ou les racines G incorporent beaucoup de ^{14}C dans la cellulose mais peu dans X. Au contraire les racines cultivées en milieu O montrent, au cours du temps, une baisse de l'activité d'incorporation de ^{14}C dans la cellulose et une augmentation de radioactivité dans X.

Une autre expérience concerne la cinétique d'incorporation de ^{14}C dans X au cours de l'incubation de racines O en présence de glucose $U^{14}C$. La figure 2 (courbe A) montre que cette cinétique se décompose en trois phases. De 0 à 15 mn, on observe un pic de radioactivité incorporée dans X. On pourrait interpréter ce jet en supposant que la cellule contient avant le début de l'incubation une certaine quantité d'un précurseur qui en se combinant au glucose* donne X* et qui doit être reconstitué après épuisement. Ce pic est mis aussi en évidence, mais plus faible, dans les racines G (courbe B). Pendant la phase 2 (15 à 60 mn), la radioactivité de X augmente, beaucoup plus dans les racines O que dans les racines G. Pendant la phase 3 (60 à 180 mn), la radioactivité de X des racines O diminue. Cette baisse de X* n'est observée que si l'activité de synthèse de la cellulose augmente pendant l'incubation (phénomène appelé « restauration »), comme nous l'avons déjà décrit (1). Quand la restauration n'a pas lieu, la radioactivité de X demeure constante au cours de la phase 3.

TABLEAU I.

Effet de la durée de préculture en milieu O ou G sur l'incorporation de ^{14}C dans X et dans la cellulose.

Radioactivité (impulsions par minute) incorporée par 10 racines de longueur 7 mm. Après la préculture G ou O, les racines sont lavées 2 h en milieu O. Incubation radioactive par lot de 10 racines; durée : 20 mn; pour chaque lot : glucose 2.10^{-2}M, 4 µC. 4 µl. La technique d'isolement de la cellulose a déjà été décrite ([1]). La radioactivité de X est mesurée après élution des chromatogrammes.

Source de carbone pendant la préculture.	Durée de la préculture (h).	Radioactivité de R. S.	de la cellulose.	de X.
O	0	120 000	18 200	65
O	22	119 000	1 900	200
O	46	116 500	702	663
O	70	94 000	360	339
Glucose 5.10^{-2}M	72	86 000	6 684	92

La vitesse initiale, fort élevée, d'incorporation de ^{14}C dans X des racines O m'a amenée à mesurer la vitesse de renouvellement de ce corps par une expérience de compétition isotopique. Des racines O sont mises en incubation avec du glucose ^{12}C puis transférées dans un excès de glucose ^{14}C à la même concentration. La radioactivité de X est mesurée par des prélèvements successifs (tableau II). Dans les limites de précision de l'expérience, on peut dire que la moitié des molécules est consommée en moins de 1 mn.

TABLEAU II.

Mesure de la vitesse de renouvellement de X.

Radioactivité de X en impulsions par minute pour 10 racines. Par lot de 10 racines : glucose 2.10^{-2}M, 10 µl, 4 µC. Les lots C, D et E sont transférés après 20 mn dans 1 ml de glucose non marqué 2.10^{-2}M.

Lot.	Conditions d'incubation.	Radioactivité de X.
A.	Glucose ^{14}C 10 mn	502
B.	» » 20 »	697
C.	» » 20 » puis glucose ^{12}C 1 mn	90
D.	» » 20 » » » 3 »	113
E.	» » 20 » » » 10 »	90
F.	» » 30 »	456

Les deux premières expériences montrent qu'il existe une corrélation inverse entre l'activité de synthèse de la cellulose et l'accumulation de X, mais n'apportent pas de preuve directe à l'hypothèse d'une relation entre ces deux métabolismes. Il a été constaté que la substance ne pénètre pas dans les cellules intactes. Aucun extrait enzymatique de racines ne s'est révélé, jusqu'à présent, actif sur X.

Monsieur Péaud-Lenoël, m'a aidée de ses nombreux conseils dans ce travail.

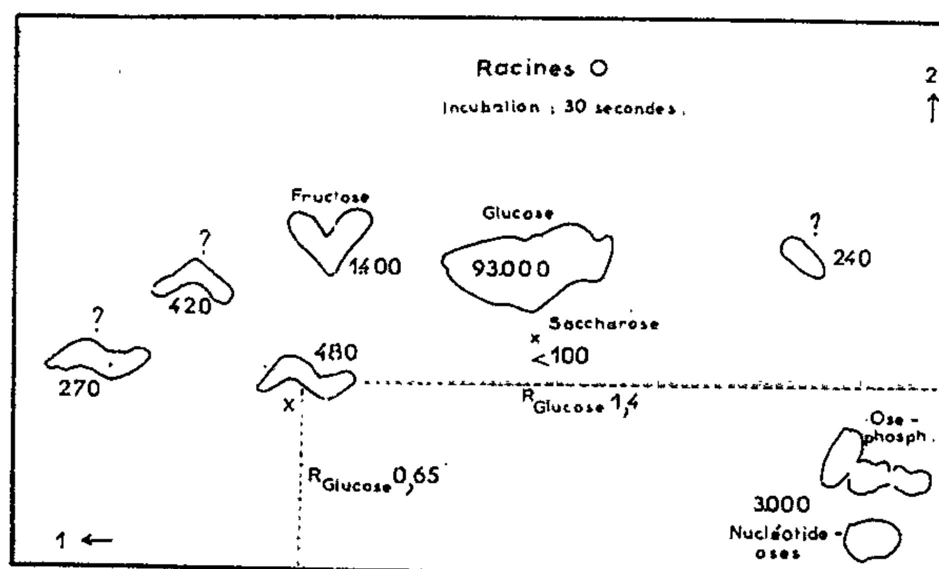


Fig. 1. — Chromatographie de RS*. Racines ayant subi une préculture O de 48 h. Conditions d'incubation : durée, 30 s; pour un lot de 20 racines : glucose U^{14}C, 1,3.10^{-2} M, 10 μl, 4,1 μC, Systèmes de solvants : (1) phénol — EDTA, 3,6.10^{-3}M; 72 : 28, P/P; durée, 32 h. (2) *n*-butanol — acide propionique-eau; 100 : 50, 70, v/v; durée 24 h. Papier : Arches 304.

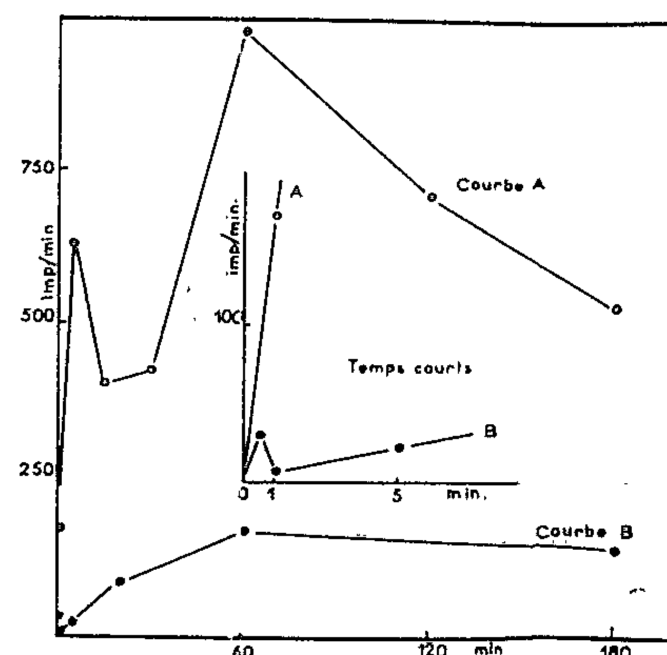


Fig. 2. — Cinétique de l'incorporation de ^{14}C dans X pendant l'incubation de racines O (courbe A) et G (Courbe B) avec du glucose U^{14}C. Ordonnée; radioactivité de X en impulsions par minute pour 10 racines. Conditions d'incubation du tableau I.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) C. MARGERIE et C. PÉAUD-LENOËL, *Biochim. Biophys. Acta*, 47, 1961, p. 275. *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 3103.

(2) C. DE GOURNAY-MARGERIE, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 3103.

(3) C. DE GOURNAY-MARGERIE, expériences non publiées.

(*Laboratoire de Photosynthèse du C.N.R.S., Gif-sur-Yvette, Seine-et-Oise.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la présence de cholestérol dans les formes L dérivées du bacille* Proteus. Note (*) de MM. **Gérard Rebel** et **Paul Mandel**, présentée par M. René Fabre.

On démontre la présence de cholestérol dans les formes L cultivées sur un milieu contenant ce stérol. Il s'agit d'un phénomène d'absorption et de stockage. Les formes L cultivées sur un milieu synthétique sont incapables de synthétiser le cholestérol.

Au cours de recherches antérieures sur les lipides des formes L stables, souche Tulasne, dérivées de *Proteus mirabilis,* nous avons mis en évidence, à côté de lipides neutres et de phosphatides, la présence dans l'insaponifiable de l'extrait lipidique d'un composé donnant une réaction positive avec le réactif de Liebermann-Burchard ([1]). Le milieu de culture utilisé était constitué par du « Hart Infusion Broth » (Difco); il était rendu hypertonique par l'addition de saccharose. On y ajoute 10 % de sérum de cheval, contenant en moyenne 1 g de cholestérol total par litre ([2]).

Il nous a paru utile de vérifier la nature du composé donnant la réaction de Liebermann et de rechercher si ce composé était également présent dans les formes L cultivées dans un milieu synthétique sans cholestérol (milieu d'Abrams modifié). En effet, si dans le milieu contenant du sérum nous trouvons une réaction de Liebermann fortement positive, Minck et coll., cultivant des formes L sur milieu synthétique, notent seulement la présence de traces d'un matériel qui, quoique donnant une réaction de Liebermann, ne semble pas de nature stérolique ([3]). Smith et Rothblat, analysant divers types de formes L cultivées sur « Difco tryptose » ou « Albimi Brucella broth », ne constatent la présence dans les micro-organismes d'un composé Liebermann positif que lorsque le milieu de culture est additionné de sérum ([4]).

Nous avons étudié la nature du composé donnant la réaction de Liebermann, présent dans l'extrait lipidique des formes L cultivées dans les conditions définies plus haut. Nous avons analysé la cinétique de la réaction de Liebermann et procédé à des chromatographies soit sur papier paraffiné avec comme solvants : méthanol-eau; propanol-méthanol-eau; benzène-éther de pétrole-méthanol-eau [([5]), ([6])], soit en couche mince sur gel de silice dans les solvants : chloroforme à 1 % de méthanol et benzène à 15 % d'éther éthylique. Finalement, les dérivés bromés et acétylés du stérol des formes L ont été synthétisés et analysés par spectrographie infrarouge ou ultraviolette ainsi que par chromatographie en couche mince.

Ainsi, nous avons constaté que dans le cas où le milieu de culture contient du sérum, on obtient avec le réactif de Liebermann une coloration dont le spectre visible est identique à celui du cholestérol. La cinétique du développement de cette coloration est similaire à celle obtenue avec le cholestérol.

L'analyse de l'insaponifiable par chromatographie permet de détecter, après révélation des chromatogrammes au trichlorure d'antimoine, la présence d'un composé qui migre dans tous les solvants utilisés comme le cholestérol (*fig.* 1). Les dérivés bromés et acétylés du stérol des formes L donnent un spectre infrarouge (*fig.* 2) ou ultraviolet identique à celui des dérivés correspondants du cholestérol et migrent comme ces derniers en chromatographie. Ainsi l'ensemble des données analytiques obtenues confirme l'identité du matériel responsable de la réaction de Liebermann avec le cholestérol.

Si l'on cultive les formes L sur un milieu enrichi en cholestérol, on constate une augmentation de la teneur en stérol de ces microorganismes, celle-ci passant de 10,9 mg pour 100 mg de lipides totaux lorsque le milieu de

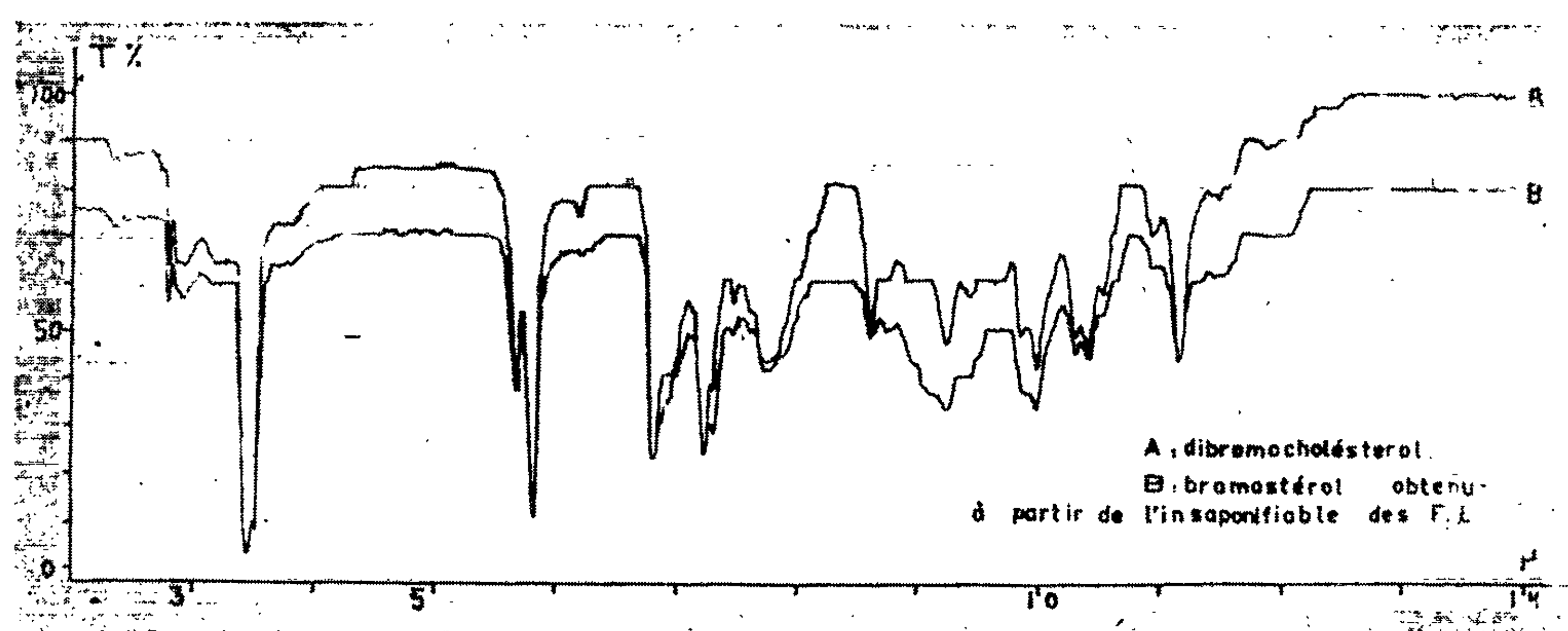


Fig. 1. — Spectre infrarouge du bromostérol obtenu à partir de l'insaponifiable des formes L (B) et du 5.6-dibromocholestérol synthétique (A).

culture renferme une concentration de $0{,}65.10^{-4}$ M en cholestérol, à 32,4 mg % lorsque le milieu renferme une concentration de $3{,}15.10^{-4}$ M en cholestérol.

Les lipides totaux isolés des formes L cultivées en l'absence de cholestérol, donnent une très faible réaction de Liebermann; mais, d'une part la cinétique de celle-ci, d'autre part le spectre visible de la coloration obtenue, sont totalement différents de ceux donnés par le cholestérol.

L'analyse par chromatographie en couche mince de l'insaponifiable montre l'absence de cholestérol (*fig.* 1). Ceci est confirmé par l'étude du spectre ultraviolet du chromogène obtenu par action de l'acide sulfurique sur les lipides ([7]). Il nous a été impossible de détecter, malgré la grande sensibilité de cette méthode, la présence de cholestérol aussi bien dans les lipides totaux que dans l'insaponifiable.

L'origine du cholestérol isolé des formes L cultivées sur un milieu contenant du sérum, serait donc exogène. Les expériences de Smith et Rothblat montrant l'apparition de composés radioactifs dans les formes L culti-

vées en présence de ^{14}C-cholestérol, s'accordent bien avec nos constatations [8]. En résumé, l'absence de cholestérol chez les formes L cultivées en milieu synthétique montre leur incapacité de synthétiser ce composé; la présence de cholestérol dans ces microorganismes traduit le pouvoir d'absorption et de stockage de ce stérol.

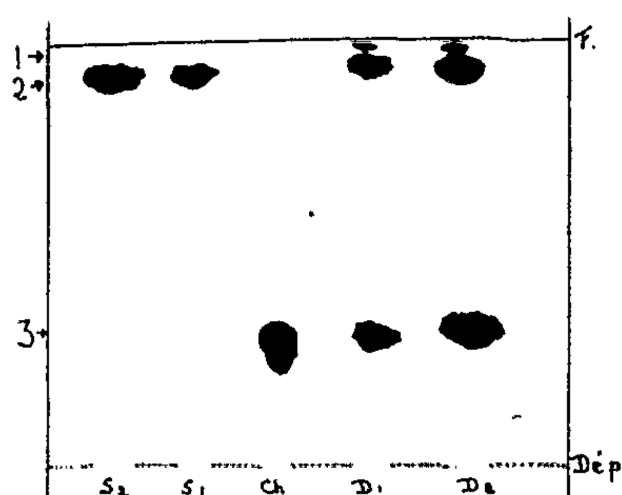


Fig. 2. — Chromatographie en couche mince sur gel de silice de l'insaponifiable des lipides des formes L. Solvant : benzène à 15 % d'éther éthylique. Révélation : $SbCl_3$. Ch : cholestérol témoin.

D 1 et D 2 : insaponifiable isolé des formes L cultivées sur un milieu contenant du sérum;

S 1 et S 2 : insaponifiable isolé de formes L cultivées en milieu synthétique sans cholestérol.

Taches de départ : D 1 et S 1, 100 μg; D 2 et S 2, 200 μg.

Colorations obtenues : 1, violacé; 2, brun pâle; 3, violacé.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) G. Rebel, A. M. Bader, M. Sensenbrenner et P. Mandel, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3516.
(2) P. Mandel, T. Terranova et M. Sensenbrenner, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1469.
(3) J. Krembel, A. Deluzarche et R. Minck, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2005.
(4) P. F. Smith et G. H. Rothblat, *J. Bacteriol.*, 83, 1962, p. 500.
(5) E. Kodicek et D. D. Ashby, *Biochem. J.*, 57, 1954, p. xii.
(6) F. Markwardt, *Arch. Pharm.*, 288, 1955, p. 82.
(7) S. Bernstein et R. H. Lenhard, *J. Org. Chem.*, 18, 1953, p. 1146.
(8) P. F. Smith et G. H. Rothblat, *J. Bacteriol.*, 80, 1960, p. 841.

(*Institut de Chimie biologique, Faculté de Médecine, Strasbourg.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur la configuration* D-2.3 *des diglycérides entrant dans la constitution du diphosphatidylglycérol (cardiolipide) et du phosphatidylinositol.* Note (*) de Mme **Marie-Josèphe Coulon-Morelec**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La détermination du pouvoir rotatoire des diglycérides libérés par l'acide acétique chaud du diphosphatidylglycérol et de phosphatidylinositol montre que ces phosphatides renferment des diglycérides α-β de la série D.

Nous avons montré que le diphosphatidylglycérol et le phosphatidylinositol renferment dans leur molécule le groupement diglycéride : traités par l'acide acétique chaud (100°) ces phosphatides libèrent des diglycérides [(1), (2), (3)]. Il était intéressant de savoir si ce procédé analytique permettait également de préciser la configuration optique des diglycérides présents.

On sait que les diglycérides α-β sont instables; l'acide gras fixé en β migre facilement en α', en particulier sous l'action des acides minéraux, pour donner des diglycérides α-α'. Les diglycérides α-β-D ou L donnent naissance dans les deux cas à un composé optiquement inactif. L'acide acétique froid ne provoque pas la migration de l'acide fixé en β (4), mais on pouvait craindre que ce réactif chaud entraînât une migration. Nous avons en effet constaté qu'en chauffant de la D-α-β-distéarine (5) pendant 1 h à 100° dans de l'acide acétique 98-99 %, son pouvoir rotatoire diminue considérablement (6) :

— D-α-β-distéarine $[\alpha]_B$ — 4°,46; $[\alpha]_D$ — 2°,3 ($c = 6{,}05$ dans le chloroforme absolu).

— Après traitement par l'acide acétique (1 h à 100°) : $[\alpha]_B$ — 0°,8 environ; $[\alpha]_D$ — 0°,5 environ ($c = 4{,}5$ dans le chloroforme absolu); ces derniers chiffres sont peu précis du fait de la faible quantité de produit dont nous disposons.

La diminution du pouvoir rotatoire de la D-α-β-distéarine sous l'action de l'acide acétique doit être attribuée à une transformation en distéarine α-α' et non à une racémisation, car on note une élévation du point de fusion de la distéarine après ce traitement. [On sait que les diglycérides α-α' fondent à une température plus élevée que leurs isomères α-β (7).] D-α-β-distéarine F 79°. Après traitement par l'acide acétique et cristallisation dans le mélange chloroforme-éther de pétrole (1 vol : 1,5 vol) F 82.

Pour libérer la totalité des diglycérides qui entrent dans la constitution du diphosphatidylglycérol et dans celle du phosphatidylinositol, il est nécessaire de traiter ces phosphatides pendant 2 h à 100° avec l'acide acétique. Ce traitement prolongé risquant de provoquer une modification très importante des diglycérides, nous avons limité le chauffage des

phosphatides à 30 mn, ce qui provoque la libération de la moitié environ des diglycérides.

On dissout 2 g du sel de sodium du diphosphatidylglycérol [cardiolipide préparé selon ([8])] dans 20 ml d'acide acétique à 98-99 % et l'on chauffe la solution à 100° pendant 30 mn. On réalise la séparation des diglycérides libérés par chromatographie sur une colonne d'acide silicique Mallinckrodt. On élimine soigneusement l'acide acétique par distillation sous pression réduite, puis par trois entraînements avec du tétrachlorure de carbone. Le résidu d'évaporation est dissous dans 80 ml d'éther de pétrole et l'on fait passer cette solution à travers une colonne de 40 g d'acide silicique qui fixe tous les produits présents. Après lavage de la colonne avec 120 ml d'éther de pétrole, on élue électivement les diglycérides avec du chloroforme (200 ml).

On obtient 0,6 g de diglycérides privés d'impuretés phosphorées (P = 0,08 %). La détermination du pouvoir rotatoire des diglycérides donne : $[\alpha]_B$ — 1°,63; $[\alpha]_D$ — 0°,80 (c = 6,85 dans du chloroforme absolu).

Le phosphatidylinositol est préparé à partir du germe de blé sous forme de sel de sodium cristallisé ([9]). Il est traité par l'acide acétique dans les mêmes conditions que le cardiolipide, mais les diglycérides sont séparés ici des autres produits de la réaction et du phosphatide non décomposé grâce à leur grande solubilité dans l'éthanol froid. Après refroidissement de la solution acétique, on sépare les inositophosphates qui précipitent, puis on élimine soigneusement l'acide acétique par distillation et entraînement par le tétrachlorure de carbone sous pression réduite. Le résidu d'évaporation est dissous dans 4 ml d'éther; l'addition de 12 ml d'éthanol provoque la précipitation du phosphatide non décomposé. La solution éthéroalcoolique, séparée à + 4°, renferme 1,15 g de diglycérides privés d'impuretés phosphorées (P = 0,07 %). La détermination du pouvoir rotatoire de ces diglycérides donne : $[\alpha]_B$ — 3°,25; $[\alpha]_D$ — 1°,76 (c = 6,45 dans le chloroforme absolu).

On constate donc que les diglycérides obtenus à partir du diphosphatidylglycérol et phosphatidylinositol présentent en solution chloroformique ([10]) un pouvoir rotatoire gauche caractéristique des diglycérides de la série D mais, dans les deux cas, les activités optiques observées sont nettement inférieures à celles des D-diglycérides synthétiques ([11]) : D-α-β-distéarine, $[\alpha]_D$ — 2°,7; D-α-β-dioléine, $[\alpha]_D$ — 2°,8 (chloroforme absolu).

Ces pouvoirs rotatoires faibles sont dus, nous l'avons vu plus haut, à une transformation partielle des diglycérides α-β libérés en dérivés α-α′ sous l'action de l'acide acétique chaud.

Si l'on chauffe à nouveau les glycérides précédemment isolés pendant 30 mn à 100° dans de l'acide acétique, leur pouvoir rotatoire diminue encore : pour les diglycérides provenant du diphosphatidylglycérol, $[\alpha]_B$ passe de — 1,63 à — 0°,63 (c = 7,87) après le deuxième traitement; pour

les diglycérides provenant du phosphatidylinositol, $[\alpha]_B$ passe de — 3,25 à — 1°,48 (c = 3,37) après le deuxième traitement.

La configuration D-2.3 que nous attribuons au diglycéride du phosphatidylinositol du germe de blé est en accord avec les résultats obtenus par clivage enzymatique de ce même inositophosphatide extrait du foie de bœuf ([12]). Ce fait confirme la valeur des résultats donnés par le clivage acétique.

La dégradation par l'acide acétique chaud des glycérophosphatides qui possèdent comme le diphosphatidylglycérol et le phosphatidylinositol un hydroxyle libre voisin de l'acide phosphorique permet de mettre directement en évidence, non seulement la présence du groupe diglycéride dans ces molécules, mais encore la configuration optique de ce groupement.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

([1]) M. J. Coulon-Morelec et M. Faure, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1936.

([2]) M. Faure, M. J. Coulon-Morelec et J. Lecoq, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 2252.

([3]) M. J. Coulon-Morelec, M. Faure et J. Maréchal, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 42, 1960, p. 867.

([4]) H. O. Fischer et E. Baer, *Chem. Rev.*, 29, 1941, p. 287.

([5]) Le Professeur E. Baer, de Toronto nous a donné ce produit en 1959.

([6]) Les pouvoirs rotatoires ont été déterminés à l'aide du polarimètre électronique Roussel-Jouan dont la sensibilité est de 0°,0005; ils ont été mesurés avec les deux longueurs d'onde suivantes : B = 436 mμ et D = 589 mμ.

([7]) T. Malkin, *Progress in Chem. fats*, 2, p. 1.

([8]) M. Faure et M. J. Morelec-Coulon, *Ann. Inst. Pasteur*, 95, 1958, p. 180.

([9]) M. J. Morelec-Coulon et M. Faure, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 39, 1957, p. 947.

([10]) Les solutions éthyliques de ces mêmes diglycérides possèdent un pouvoir rotatoire droit.

([11]) E. Baer et D. Buchnea, *J. Biol. Chem.*, 230, 1958, p. 447.

([12]) H. Brockerhoff, *Arch. Biochim. Biophys.*, 93, 1961, p. 641.

(*Institut Pasteur, Paris.*)

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur un facteur colicinogène propre à certains lysotypes de* Salmonella typhi. Note (*) de MM. **Yves Hamon** et **Pierre Nicolle**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Fredericq en 1952, Papavassiliou en 1957, Hamon en 1957, Vassiliadis et col. en 1960 n'avaient pas réussi, malgré de nombreux essais, à mettre en évidence des propriétés colicinogènes parmi les bacilles typhiques. Mais en 1960, Ozeki ([1]) a constaté que cinq souches de cette espèce appartenant, l'une au lysotype 36, les autres au lysotype 40 élaboraient un principe antibiotique qu'il identifia à la colicine B de Fredericq. La connaissance de ces faits nous a incités à reprendre l'étude des propriétés colicinogènes de *Salmonella typhi* en dirigeant notre effort sur les souches en notre possession des deux lysotypes désignés par Ozeki, auxquelles nous avons joint un certain nombre de souches Vi positives non lysotypable (groupe I + IV).

Caractères lysotypiques et répartition géographique des lysotypes 36 *et* 40. — Les lysotypes 36 et 40 ont été identifiés pour la première fois par Scholtens ([2]) en 1958. Ils sont caractérisés, le premier par une sensibilité exclusive aux préparations du bactériophage Vi II adaptées aux lysotypes 36 et 40 (phages 36 et 40), le second par une sensibilité exclusive au phage 40. Le lysotype 36 paraît très rare. Le lysotype 40, bien que peu fréquent (0,36 % sur un total de 12 562 souches provenant des cinq parties du monde) est assez cosmopolite. Il a été rencontré en Europe, surtout en Allemagne orientale (H. Rische), en Afrique, surtout au Maroc (3 % sur un total de 800 souches), et en Asie.

Propriétés fermentatives du lysotype 40. — Nos deux souches du lysotype 36 font fermenter le xylose, mais non l'arabinose (chimiotype I de Kristensen); nos 51 souches du lysotype 40 en revanche n'attaquent ni l'un ni l'autre de ces sucres (chimiotypes II de Kristensen).

Recherches sur la lysogénie des lysotypes 36 *et* 40. — En confirmation des constatations publiées par E. S. Anderson ([3]), il n'a pas été possible de déceler la présence d'un bactériophage libre dans les filtrats des deux cultures du lysotype 36, même après irradiation ultraviolette. Les souches du lysotype 40 ne libèrent pas non plus de bactériophage dans les mêmes conditions, à l'exception de six d'entre elles qui se sont révélées lysogènes. Un des phages isolés a transformé le lysotype A sous-type Tananarive en lysotype D 6, et non en lysotype 40. Il faut en conclure : *a*. ou bien que le phage isolé d'une souche du lysotype 40 n'est pas « déterminant » pour ce lysotype et que celui-ci porte en plus un prophage défectif qui serait déterminant; *b*. ou que le précurseur du lysotype 40 n'est pas le lysotype A sous-type Tananarive; *c*. ou encore qu'un autre facteur, par exemple un second prophage ou bien le facteur colicinogène coopère avec le phage de lysogénie que nous avons mis en évidence (phage 40′, analogue au

phage *d* 6) pour déterminer les caractères lysotypiques du lysotype 40. L'acquisition de certains facteurs colicinogènes peut en effet modifier l'image lysotypique des souches (⁴).

Fréquence du pouvoir colicinogène dans une collection de souches des lysotypes 36 *et* 40 *de provenances diverses.* — La propriété colicinogène des souches des lysotypes 36 et 40 est facilement mise en évidence par la technique, classique pour ce genre d'étude, de la double couche de gélose (Gratia et Fredericq) en utilisant *E. coli* K 12 S comme souche révélatrice. Les deux souches du lysotype 36 et la presque totalité des souches (50 sur 51) du lysotype 40 élaborent un principe antibiotique.

Pouvoir antibiotique parmi les souches Vi positives non lysotypables (*groupe* I + IV). — A plusieurs reprises, nous avons constaté que des souches du lysotype 40 avaient perdu en milieu de conservation leur sensibilité spécifique au phage 40 : elles s'étaient donc transformées en cultures Vi positives non lysotypables (groupe I + IV). Nous avons cherché si, parmi les souches classées antérieurement dans ce groupe et appartenant, comme les souches du lysotype 40, au chimiotype II, nous pourrions en trouver quelques-unes qui, dérivant de ce lysotype par perte de leur sensibilité spécifique, auraient conservé leur propriété colicinogène : effectivement, sur 87 souches du groupe I + IV appartenant au chimiotype II, 41 se sont révélées colicinogènes (47,13 %), tandis que, parmi 100 souches du même groupe appartenant au chimiotype I, nous n'en avons pas trouvé une seule. Il est donc permis de penser que les souches colicinogènes du groupe I + IV qui appartiennent au chimiotype II proviennent, au moins en partie, d'une dégradation du lysotype 40.

Analogie du principe antibiotique des lysotypes 36 *et* 40 *avec la colicine* B. — L'action de ce principe antibiotique sur un mutant d'*E. coli* K 12 S sélectionné par la colicine B normale, c'est-à-dire celle qui est élaborée par de nombreuses Entérobactériacées (*Escherichia*, *Shigella*, etc.), a été très réduite et elle a été nulle sur une souche d'*E. coli* K 12 S à laquelle le pouvoir d'élaborer la colicine B normale avait été au préalable artificiellement transféré. D'après ces critères classiques de l'identification des colicines, ce principe se comporte donc comme la colicine B.

Particularités de la propriété colicinogène du lysotype 40. — Toutefois, les bactéries colicinogènes du lysotype 40 se différencient des autres Entérobactériacés produisant la colicine B : en effet, le pouvoir colicinogène de ces dernières est facilement mis en évidence non seulement par la technique de la double couche de gélose, mais aussi par l'épreuve du surnageant et du culot de centrifugation des cultures en milieu liquide sur la souche sensible *E. coli* K 12. En outre, la libération de la colicine dans le milieu est considérablement augmentée par l'irradiation ultraviolette des cultures en milieu liquide [induction de la propriété colicinogène [(⁵). Au contraire, la substance antibiotique du lysotype 40 qui, nous l'avons vu, se manifeste

nettement par la technique de la double couche, n'a pu être retrouvée en milieu liquide ni dans le surnageant ni dans les corps bactériens de suspensions de même densité, même après l'irradiation ultraviolette. La quantité de colicine libérée est peut-être si faible qu'elle n'est pas décelable par les techniques habituelles. Il y a donc là une première différence entre ces deux catégories de cultures productrices de colicine B.

Une seconde différence réside dans le fait que le pouvoir colicinogène B normal est en général aisément transférable d'une souche qui la possède à une autre souche convenablement choisie, par exemple *E. coli* K 12 S; tandis qu'il n'a pas été possible jusqu'à présent d'obtenir un tel transfert des cultures du lysotype 40 à *E. coli* K 12 S, ni à d'autres lysotypes de *S. typhi* (A, C 1, D 1).

Enfin, troisième différence : nous avons obtenu par la technique d'Ozeki, Stocker et de Margerie (7) des « lacunes » (sorte de plages d'aspect assez voisin de celui des plages bactériophagiques), particulièrement nettes dans une nappe de la culture révélatrice incorporée à de la gélose molle et additionnée de bactéries colicinogènes B normales. Malgré de nombreuses tentatives, il n'a pas été possible de mettre en évidence le même phénomène avec les cultures du lysotype 40.

Comme les cultures de ce lysotype n'inactivent pas la colicine B libre, les faits énumérés précédemment nous conduisent à penser qu'elles sont formées de bactéries colicinogènes défectives; nous nous sommes demandé : *a.* si cette défectivité ne porterait pas sur l'épisome correspondant, comme chez les bactéries lysogènes défectives (6); *b.* si elle ne concernerait pas, au contraire, certains gènes bactériens dont la mutation empêcherait la formation des répliques de cet épisome (ce qui expliquerait l'absence de transfert du facteur colicinogène et peut-être la non-inductibilité apparente de ces cultures par les rayons ultraviolets) et la production des particules de colicine. Les résultats de nos expériences préliminaires tendent à montrer que la défectivité porte sur l'épisome colicinogène lui-même : en effet, les bactéries d'une souche du lysotype 40 chez lesquelles le facteur colicinogène a été remplacée par un épisome B normal produisent leur colicine en milieu liquide, surtout après l'irradiation par les rayons ultraviolets (8).

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) H. Ozeki, *Colicinogeny in* Salmonella, *Thesis for Ph. D. degree*, London, 1960.

(2) R. Th. Scholtens, *Bull. Res. Counc. Israel*, 7 E, 1958, p. 122.

(3) E. S. Anderson, *Ann. Inst. Pasteur*, 102, 1962, p. 378.

(4) Y. Hamon, *Ann. Inst. Pasteur*, 192, 1957, p. 363.

(5) F. Jacob, *Les bactéries lysogènes et la notion de provirus*, Masson, Paris, 1954.

(6) F. Jacob et E. Wollman, *Ann. Inst. Pasteur*, 90, 1956, p. 282.

(7) H. Ozeki, B. A. D. Stocker et H. de Margerie, *Nature*, 184, 1959, p. 337.

(8) Avec la collaboration technique de Mme Y. Péron et Mlle J. Coignard.

(*Institut Pasteur, Service des Bactériophages.*)

A 15 h 35 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 15 m.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 19 NOVEMBRE 1962

PRÉSIDENCE DE M. ARNAUD DENJOY.

M. **JEAN LECOMTE** s'exprime en ces termes :

L'Académie des Sciences m'a fait l'honneur de me désigner pour la représenter à une commémoration du tricentenaire de la mort de **BLAISE PASCAL**, organisée par l'Académie des Sciences, Belles-Lettres et Arts de Rouen. La séance solennelle a eu lieu le samedi 10 novembre dans la Maison des Consuls, et la Municipalité de Rouen avait tenu à organiser, le même jour, une réception à l'Hôtel de Ville. Notre Confrère M. Henri Massis représentait l'Académie française.

DÉCÈS DE MEMBRES ET DE CORRESPONDANTS.

M. le **PRÉSIDENT** annonce la mort, survenue à Copenhague, le 18 novembre 1962, de M. **NIELS BOHR**, Associé étranger. Il invite l'Académie à se recueillir en silence, pendant quelques instants, en signe de deuil.

L'allocution nécrologique d'usage sera lue en l'une des prochaines séances.

CORRESPONDANCE.

M. **ROBERT MERLE D'AUBIGNÉ** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Médecine et Chirurgie, par la mort de M. *Henri Mondor*.

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** dépose sur le Bureau un fascicule consacré au *Jubilé scientifique du Professeur Paul Pascal*, et signale parmi les pièces imprimées ou multicopiées de la Correspondance :

1° *Säfsnäsbrukens arbetskraft och försörjning* 1600-1865. *Studier i en mellansvensk bruksbygd mit deutscher Zusammenfassung av* SIGVARD MONTELIUS. (Thèse, Uppsala).

2° OSWALDO PAULO FORATTINI. *Entomologia médica*. 1er volume : *Parte geral, Diptera, Anophelini*.

3° Ministère des richesses naturelles (Québec). *Effets des hétérogénéités en fluorescence des rayons X*, par FERNAND CLAISSE et CLAUDE SAMSON.

4° JOSÉ MARIA LLOPIS. *Luis Daniel Beauperthuy.*

5° ROSARIO B. DE BENEDETTI. *Mas sobre Beauperthuy.*

6° Compagnie française des pétroles. *Notes et mémoires*, nos 1 à 4.

7° Faculté des sciences de Paris. Séminaire Choquet. 1re année : 1962. *Initiation à l'analyse.*

8° Id. Séminaire Delange-Pisot. 1re année : 1959-1960. *Théorie des nombres.*

9° Id. *Séminaire d'analyse dirigé par Pierre Lelong.* 4e année : 1962.

10° Id. *Séminaire de théorie du potentiel dirigé par Marcel Brelot, Gustave Choquet et Jacques Deny.* 6e année : 1961-1962. Fascicules 1 et 2.

11° École Normale Supérieure. Séminaire Henri Cartan. 13e année : 1960-1961. *Familles d'espaces complexes et fondements de la géométrie analytique.* Fascicules 1 et 2 (2e édition, corrigée).

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOGÉOGRAPHIE. — *Sur la présence d'éléments d'origine sud-américaine dans la faune méditerranéenne terrestre.* Note (*) de M. **Albert Vandel.**

Deux genres d'Isopodes terrestres, l'un exclusivement méditerranéen (*Bathytropa*), l'autre considéré jusqu'ici comme propre au Sud-Ouest de la France (*Sphærobathytropa*), se relient étroitement à des types sud-américains.

L'un des éléments demeuré le plus constant au cours de l'histoire mouvementée de notre globe est sans conteste la Téthys ou Mésogée. Cette mer équatoriale qui ceinturait la terre de l'Amérique à l'Himalaya a persisté, avec des vicissitudes diverses, depuis le Cambrien jusqu'au Miocène. La Méditerranée actuelle représente une « rélicte » de cette très ancienne mer. Par contre, les terres qui bordent aujourd'hui la Méditerranée sont d'origine récente; et leur contour ne fut fixé qu'au terme de l'époque tertiaire. Les espèces animales et végétales qui peuplent le pourtour de la Méditerranée reconnaissent des origines fort diverses. Les biogéographes disposent de deux méthodes pour éclairer le problème de l'origine des peuplements animaux et végétaux.

La première se fonde sur l'examen des faunes et des flores aujourd'hui disparues. En dépit d'une documentation fragmentaire, inhérente à la nature même des restes fossiles, la paléontologie nous permet d'affirmer que les espèces méditerranéennes sont venues : les unes d'Asie; d'autres, d'Afrique; un certain nombre enfin proviennent d'Amérique du Nord.

Une autre méthode découle de l'étude de la microfaune du sol, constituée d'espèces peu mobiles, incapables de supporter de longs transports passifs; et, pour ces raisons, ancrées solidement dans leur lieu d'origine. Ces espèces constituent de précieux indicateurs biogéographiques. La microfaune qui peuple la terre et l'humus des régions australes, et, en particulier, de l'Amérique du Sud, est encore très mal connue. C'est pourquoi les prospections entreprises en Argentine et au Brésil par un naturaliste aussi averti que Claude Delamare-Deboutteville ne pouvaient manquer d'apporter des données du plus haut intérêt pour la biogéographie. Nous nous bornerons à mentionner dans cette Note, deux exemples remarquables ressortant de l'examen du matériel rapporté par notre collègue.

1. Les connaissances que nous possédons sur la microfaune pyrénéenne sont dues, pour une grande part, aux recherches systématiques, poursuivies pendant plus d'un demi-siècle, par un éminent zoologiste toulousain, le Docteur H. Ribaut. Le nombre de formes inédites et remarquables qu'il a recueillies à Saint-Béat, son pays natal, est proprement prodigieux.

Au cours de ses investigations, le Docteur Ribaut recueillit un petit Isopode volvationnel dont il confia l'étude à K. W. Verhoeff. Celui-ci le décrivit, en 1908, sous le nom de *Sphærobathytropa ribauti* (1). Mais, à l'époque, le naturaliste allemand méconnut les véritables affinités de cette forme singulière, qu'il rapprocha du genre *Bathytropa* et inclut dans la famille des *Porcellionidæ*, conclusion doublement erronée. Ce n'est que trente ans plus tard, en 1938, que Verhoeff reconnut l'exacte parenté de *Sphærobathytropa*, et qu'il l'inclut dans la famille des *Eubelidæ* (2). Cette famille d'Oniscoïdes représente un groupe essentiellement gondwanien; la majorité des espèces sont propres à l'Afrique et à l'Amérique du Sud. *Sphærobathytropa ribauti*, qui peuple les Pyrénées et le Sud du Massif Central, demeure le seul représentant européen de cette famille. Cependant, l'origine de cet Oniscoïde et ses relations avec les autres représentants de la famille des *Eubelidæ* demeuraient énigmatiques. Verhoeff (3) le réunissait à des types africains; mais ce rapprochement s'est révélé erroné [(4), (5)].

Or, le 8 mars 1959, Claude Delamare-Deboutteville recueillait dans la Réserve du Nahuel Huapi (Andes patagoniennes), en compagnie de nombreux individus d'une espèce typiquement gondwanienne, *Styloniscus magellanicus* Dana, un tout petit Isopode volvationnel mesurant 1,5 mm. Son étude révéla qu'il s'agissait d'un représentant du genre *Sphærobathytropa*, et si proche de l'espèce pyrénéenne que sa présence dans la Collection Delamare-Deboutteville fut tout d'abord tenue pour une erreur d'échantillonnage. Une étude plus attentive établit que les deux formes, andine (*antarctica*), et pyrénéenne (*ribauti*), encore que fort proches l'une de l'autre, correspondent à deux espèces distinctes. Elles diffèrent par la taille, ainsi que par la structure des pléopodes mâles et des uropodes.

L'indigénation de *Sphærobathytropa* en Amérique du Sud ne saurait d'ailleurs laisser place à aucun doute. Ce genre se rattache en effet fort étroitement à un autre type américain : *Circoniscus* Pearse (Guyanes, Brésil, Pérou amazonien) (5). *Sphærobathytropa* peut être interprété comme représentant un *Circoniscus* de taille réduite, et ayant acquis la vestiture de grandes soies-écailles, caractéristique des formes humicoles. *Sphærobathytropa* se relie aussi, mais de façon moins étroite, aux deux genres *Sphæroniscus* Gerstaecker et *Scleropactes* Budde-Lund, propres à l'Amérique tropicale. Il convient de réunir ces quatre genres dans une même sous-famille, celle des *Sphæroniscinæ* Verhoeff.

2. Les prospections de Claude Delamare-Deboutteville ont permis de mettre en évidence un autre exemple de distribution géographique du même type, encore que les rapports entre les formes européennes et américaines soient moins étroits que dans le cas précédent. Le genre *Bathytropa* est représenté par huit espèces propres à la région méditerranéenne. J'avais institué, en 1952 (5), pour y inclure ce genre jusqu'ici très isolé, une nouvelle sous-famille, celle des *Bathytropinæ*. Cependant, les relations

de parenté de ce type d'Oniscoïde demeuraient obscures. Or, l'examen du matériel recueilli par Claude Delamare-Deboutteville permet d'affirmer aujourd'hui l'origine sud-américaine des *Bathytropinæ*. En effet, les genres *Brasilocellio* Verhoeff (Brésil, Argentine), *Neotroponiscus* Arcangeli (Brésil), et un nouveau genre, *Dubioniscus*, plus primitif que les précédents, et provenant de Punta-Lara, près de La Plata (Argentine), appartiennent incontestablement aux *Bathytropinæ*. Le genre européen *Bathytropa* apparaît étroitement allié aux trois types sud-américains.

L'Entomologie fournit d'ailleurs des exemples de distribution tout à fait analogues à ceux qui ont été évoqués dans les lignes précédentes. Nous les empruntons à un Ouvrage du Docteur René Jeannel ([6]). Les Tréchidés submarins de la tribu des *Aepini* peuplent, d'une part, l'Europe occidentale, le Maroc et Madère, et, d'autre part, les terres antarctiques de l'Amérique du Sud (Chili, Terre de Feu, Falkland) et aussi, la Nouvelle-Zélande et l'archipel des Crozet. Les Carabiques de la tribu des *Homaloderini* sont représentés en Europe par *Iberotrechus bolivari*, découvert dans une grotte des monts Cantabriques (Cueva del Pis), tandis que tous les autres représentants de cette tribu appartiennent à la faune andine (de Panama à la Terre de Feu) et à la faune australo-tasmanienne.

Conclusion. — Il est fort difficile, dans l'état actuel de nos connaissances, de rendre compte des modes de distribution géographique dont nous venons de donner des exemples. Lorsque nous posséderons sur la microfaune humicole et endogée de l'Afrique centrale, des données plus précises que celles dont nous disposons, peut-être en obtiendrons-nous quelques éclaircissements.

Cependant, une conclusion d'ordre général se dégage dès maintenant. Les géologues ont depuis longtemps reconnu que les continents actuels tirent leur origine, les uns des anciens boucliers situés dans l'hémisphère septentrional; et, les autres, de socles qui émergeaient au Sud de la Mésogée. Les biogéographes ont été tentés d'opposer les faunes et les flores qui peuplaient les terres situées de part et d'autre de la grande mer équatoriale. Ils ont désigné sous le nom de « gondwaniens » les éléments propres aux terres australes. Il n'est point question de mettre en doute la réalité de types gondwaniens dont le nombre se multiplie en fonction de l'accroissement de nos connaissances. Les recherches de Claude Delamare-Deboutteville en ont apporté de nouveaux exemples, particulièrement démonstratifs ([7]).

Il n'en reste pas moins que ce serait une erreur de croire à l'existence de faunes ou de flores hermétiquement cloîtrées dans des univers complètement isolés les uns des autres. Les continents n'ont jamais constitué des unités stables. Ils se sont scindés en fragments, ou se sont soudés les uns aux autres. Cependant, certaines unions ont persisté au cours de longues périodes géologiques, tandis que d'autres socles n'ont contracté que des liaisons éphémères ou épisodiques. Les boucliers qui ont donné nais-

sance à l'Amérique du Nord et à l'Eurasie, d'une part; les socles qui ont engendré les terres australes, d'autre part, ont présenté des unions étroites et durables. Ce qui n'exclut d'ailleurs point l'existence de relations Nord-Sud entre les deux Amériques, l'Afrique et l'Eurasie. Mais, elles n'ont point permis, en raison de leur instabilité, des échanges fauniques aussi fréquents et abondants que les migrations progressant dans la direction Est-Ouest, ou inversement.

(*) Séance du 12 novembre 1962.
(1) K. W. VERHOEFF, *Archiv Naturg.*, 74, 1908, p. 163-198.
(2) K. W. VERHOEFF, *Zool. Jahrb. Abt. System.*, 71, 1938, p. 235-264.
(3) K. W. VERHOEFF, *Zool. Anz.*, 140, 1942, p. 1-35, 36-38, 149-163.
(4) A. ARCANGELI, *Boll. Ist. Mus. Zool. Univ. Torino*, 3, n° 4, 1952, p. 61-80.
(5) A. VANDEL, *Mem. Mus. Civ. Stor. Nat. Verona*, 3, 1952, p. 59-203.
(6) R. JEANNEL, *La genèse des Faunes terrestres*, Presses Universitaires de France, Paris, 1942, p. 1-514.
(7) CL. DELAMARE-DEBOUTTEVILLE et R. ROUCH, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1336.

(*Laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Toulouse.*)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

THÉORIE DES GROUPES. — *Structure des demi-groupes dont le treillis des sous-demi-groupes satisfait aux conditions* C_2, $\overline{C}_2$, $\overline{C}_1$ *ou* C_1, *à la semi-modularité affaiblie ou à la modularité affaiblie* (1). Note (*) de M. **Michel Égo**, présentée par M. Jean Leray.

Nous complétons ici les résultats contenus dans la Note précédente (1). Nous conservons les mêmes notations et nous numérotons les énoncés à la suite.

Signalons d'abord que l'ensemble des conditions nécessaires, rencontrées au cours de la Note (1) pour que T (D) satisfasse à la condition $\overline{C}_2$, est équivalent au système suivant :

Système (I) :

1° D *est périodique;*

2° D *est bande sur* I *de ses fuseaux;*

3° I *a la structure indiquée au théorème* 4 *de la Note* (1);

4° *Si* e *est élément de* R_γ, f *élément de* R_δ *avec* $\gamma < \delta$ *alors :* $\forall a \in F_e$ *et* $\forall b \in F_f$, *ab et ba sont éléments de* $(a) \vee (fef)$;

5° *Si l'on a, soit* $(e) \vee (f)$ *rectangulaire, soit* e *élément de* K^λ, f *élément de* K^μ *avec* $\lambda \neq \mu$, *alors* $\forall a \in F_e$ *et* $\forall b \in F_f$ *on a :*

$$ab \in \{[a] \vee [b]\} \cup (a) \cup (b).$$

Le système (I) est équivalent au système suivant :

Système (I′) : Conditions 1°, 2° et 3° du système (I);

6° Chaque fuseau F_e satisfait à :

1° Tout élément de $F_e - \Gamma_e$ est puissance d'un élément de $F_e - F_e^2$;

2° $F_e^5 = \Gamma_e$;

3° Pour tout couple a, $b \in F_e - F_e^2$ tel que $ab \in F_e - \Gamma_e$, α désignant l'un des éléments a ou b, β l'autre, on a :

soit 1° : $ab = \alpha^2$; $\alpha^3 \in \Gamma_e$;

soit 2° : $ab = \alpha^2$ et $\forall n \geq 3$: $a^n = b^n$;

soit 3° : $ab = \alpha^2$; $\alpha^3 = \beta^4$; $\alpha^4 = \alpha^5 = e = \beta^5 = \beta^6$;

soit 4° : $ab = a^3$, b^3, a^4 ou b^4.

7° Si e est élément de R_γ, f élément de R_δ avec $\gamma < \delta$ et si $ef = e$, la multiplication de F_e par F_f (2) satisfait à :

1° $\forall b \in F_f : eb = e$;

2° $\forall a \in F_e - F_e^2$ et $\forall b \in F_f$ tels que $ab \in F_e - \Gamma_e$ on a :

soit 1° : $ab = a^2$; $a^3 \in \Gamma_e$;

soit 2° : $ab = a$, a^3 ou a^4.

8° Si e et f sont deux éléments distincts de I tels que $\{e, f\}$ soit un antisemigroupe avec par exemple $ef = e$, $fe = f$ [3], la multiplication de F_e par F_f satisfait à :

$\forall a \in F_e - F_e^2$ et $\forall b \in F_f - F_f^2$ tels que $ab \in F_e - \Gamma_e$ on a :

soit 1° : $ab = a^2$; $a^3 \in \Gamma_e$;

soit 2° : $ab = a^3$ ou a^4.

9° Si e et f sont deux éléments de R tels que $(e) \vee (f)$ soit rectangulaire propre, la multiplication de F_e par F_f satisfait à :

$\forall a \in F_e - F_e^2$ et $\forall b \in F_f - F_f^2$, on a $ab = ea.fb$.

10° Si e est élément de R, f élément de K^λ tels que $ef \neq e$, la multiplication de F_e par F_f [4] satisfait à :

$\forall a \in F_e - F_e^2$ et $\forall b \in F_f - F_f^2$, on a $ab = ea.fb$ et $af = ea.f$.

11° Si e est élément de K^λ, f élément de K^μ avec $\lambda \neq \mu$, la multiplication de F_e par F_f satisfait à $\forall a \in F_e - F_e^2$ et $\forall b \in F_f - F_f^2$ on a :

$ab = ea.fb$, $af = ea.f$ et $eb = ef.b$.

Dans le cas où T (D) est modulaire affaibli, D satisfait aux systèmes de conditions équivalents suivants :

SYSTÈME (II) (resp. II'). — *Système* (I) (*resp.* I') *muni de l'une ou l'autre des deux restrictions suivantes :*

1° $K^1 = K^2 = \emptyset$;

2° R *est un antisemigroupe et les groupes maximaux relatifs aux idempotents de* R *sont réduits à leur élément unité.*

Enfin si T (D) satisfait à la condition C_2, D satisfait au système de conditions suivant :

SYSTÈME (III) : *Conditions* 1°, 2°, 6°, 7° *et* 8° *du système* (I');

3'° I *a la structure indiquée au théorème* 3 *de la note* [1]; [5].

Nous arrivons finalement aux trois théorèmes fondamentaux suivants :

THÉORÈME 10. — *Le treillis* T (D) *des sous-demi-groupes d'un demi-groupe* D *satisfait à la condition* C_2 (*resp. à la condition* C_1) *si et seulement si :*

1° D *satisfait au système de conditions* (III);

2° *Chaque groupe maximal* Γ_e *a le treillis* $\mathfrak{G}(\Gamma_e)$ *de ses sous-groupes satisfaisant à la condition* C_2 (*resp. à la condition* C_1).

THÉORÈME 11. — *Le treillis* T (D) *des sous-demi-groupes d'un demi-groupe* D *satisfait à la condition* $\bar{C}_2$ (*resp. à la condition* $\bar{C}_1$ *et à la semi-modularité affaiblie*) *si et seulement si :*

1° D *satisfait au système de conditions* (I);

2° *Chaque groupe maximal* Γ_e *a le treillis* $\mathfrak{G}(\Gamma_e)$ *de ses sous-groupes satisfaisant à la condition* C_2 (*resp. à la condition* C_1 *et à la semi-modularité*).

THÉORÈME 12. — *Le treillis* T (D) *des sous-demi-groupes d'un demi-groupe* D *est modulaire affaibli si et seulement si :*

1° D *satisfait au système de conditions* (II);

2° *Chaque groupe maximal* Γ_e *est de l'un des deux types suivants :*

1° Γ_e *a le treillis* $\mathcal{T}(\Gamma_e)$ *de ses sous-groupes modulaire si e constitue à lui seul un antisemigroupe de la décomposition de* I — R *ou si e est élément de* R;

2° $\Gamma_e = \{e\}$ *dans le cas contraire.*

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) Définies dans ma Note précédente : *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1840.

(2) On déduira aisément les conditions intéressant la multiplication de F_f par F_e quand $fe = e$.

(3) De même on déduira les conditions correspondant au cas $ef = f$, $fe = e$.

(4) On déduira également les conditions intéressant la multiplication de F_f par F_e quand $fe \neq e$.

(5) Le système (III) n'est pas autre chose que l'ensemble des six premières conditions du théorème 7 de la Note : *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1723.

TOPOLOGIE GÉNÉRALE. — *Une représentation des topologies.*
Note de M. **Labib Haddad**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

On représente chaque topologie sur un ensemble E par le graphe d'un préordre sur l'ensemble des ultrafiltres sur E. Ce graphe, « fermé et mi-ouvert », appelé nasse de la topologie permet de caractériser simplement divers concepts topologiques et d'étudier les liens entre eux.

Étant donné un ensemble E, pour tout ensemble $\mathcal{X}$ de parties de E nous désignerons (1) par $\Upsilon(\mathcal{X})$ l'ensemble des ultrafiltres sur E qui contiennent $\mathcal{X}$. Pour toute partie X de E au lieu de $\Upsilon(\{X\})$ nous écrirons $\Upsilon(X)$ et pour tout élément x de E au lieu de $\Upsilon(\{x\})$ nous nous écrirons $\tilde{x}$. Ainsi $\Upsilon(E)$ est l'ensemble des ultrafiltres sur E; l'application $x \to \tilde{x}$ est une injection canonique de E dans $\Upsilon(E)$; par abus de notation, nous désignerons par $\tilde{X}$ l'image de la partie X de E par cette injection. On sait que l'ensemble des $\Upsilon(X)$ où X parcourt $\mathfrak{P}(E)$ est une base d'ouverts pour une topologie (compacte) sur $\Upsilon(E)$.

Nous supposerons dans la suite $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$ muni de la topologie produit; nous désignerons (1) par Δ sa diagonale, par δ la diagonale de $\tilde{E} \times \tilde{E}$.

Définitions. — 1. On appelle *cotte* sur E toute partie fermée de $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$ contenant Δ.

2. On appelle *nasse* sur E toute cotte mi-ouverte. [Nous dirons qu'une partie G d'un espace produit $E \times F$ est mi-ouverte lorsque la relation $(x, y) \in G$ est mi-ouverte (2) en x, c'est-à-dire lorsque pour toute partie ouverte A de F, $\overset{-1}{G}(A)$ est ouvert dans E.]

3. On appelle *résille* sur E toute nasse N telle que $\overset{-1}{N}$ soit également une nasse.

Caractérisations. — 1. Pour qu'une partie G de $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$ contenant Δ soit une cotte sur E il faut et il suffit que pour tout fermé $\mathcal{A}$ de $\Upsilon(E)$, $G(\mathcal{A})$ et $\overset{-1}{G}(\mathcal{A})$ soient fermés; il faut et il suffit que pour tout filtre $\mathfrak{a}$ sur E on ait

$$G(\Upsilon(\mathfrak{a})) = \bigcap_{A \in \mathfrak{a}} G(\Upsilon(A)) \quad \text{et} \quad \overset{-1}{G}(\Upsilon(\mathfrak{a})) = \bigcap_{A \in \mathfrak{a}} \overset{-1}{G}(\Upsilon(A)).$$

2. Pour qu'une cotte G sur E soit une nasse sur E il faut et il suffit que pour toute partie $\mathcal{A}$ de $\Upsilon(E)$ on ait

$$\mathrm{Adh}\, G(\mathcal{A}) = G(\mathrm{Adh}\, \mathcal{A});$$

il faut et il suffit que

$$G = \mathrm{Adh}(G \circ \delta).$$

3. Pour qu'une cotte G sur E soit une résille sur E il faut et il suffit que $G = \mathrm{Adh}(\delta \circ G \circ \delta)$.

Exemples. — Δ et $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$ sont des résilles sur E.

Nasse d'une prétopologie. — Soit E un ensemble muni d'une prétopologie [2] définie par la relation de pseudo-convergence $R(\mathfrak{a}, x)$ qui se lit « l'ultrafiltre $\mathfrak{a}$ pseudo-converge vers le point x », et par l'opération de préadhérence $X \to \overline{X}$. Pour tout filtre $\mathfrak{a}$ sur E désignons par $\varphi(\mathfrak{a})$ le filtre sur E engendré par l'ensemble des $\overline{A}$ où A parcourt $\mathfrak{a}$. Soit P l'adhérence dans $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$ du graphe [3] par rapport à $(\tilde{x}, \mathfrak{a})$ de la relation $R(\mathfrak{a}, x)$. P est une nasse sur E et c'est aussi le graphe par rapport à $(\mathfrak{a}, \mathfrak{b})$ de la relation $\varphi(\mathfrak{b}) \subset \mathfrak{a}$ entre ultrafiltres sur E. On appelle P la nasse de la prétopologie. Pour tout filtre $\mathfrak{a}$ sur E on a

$$\overset{-1}{P}(\Upsilon\langle\mathfrak{a}\rangle) = \Upsilon\langle\varphi(\mathfrak{a})\rangle.$$

Réciproquement, si P est une nasse sur un ensemble E, la relation $(\tilde{x}, \mathfrak{a}) \in P$ est une relation de pseudo-convergence par rapport à $\mathfrak{a}$ et x qui définit une prétopologie sur E; pour toute partie X de E, $\overset{-1}{P}(\Upsilon(X))$ est de la forme $\Upsilon(\overline{X})$ et l'application $X \to \overline{X}$ est une opération de préadhérence qui définit la même prétopologie sur E dont la nasse est précisément P. La relation « le filtre $\mathfrak{a}$ pseudo-converge vers le point x » est équivalente à la relation $\Upsilon\langle\mathfrak{a}\rangle \subset P(\tilde{x})$.

Pour qu'une prétopologie soit une topologie il faut et il suffit que sa nasse P *soit telle que* $\overset{2}{P} = P$.

Soit E un espace topologique, T la nasse de sa topologie. Si pour tout filtre $\mathfrak{a}$ sur E nous désignons par $\omega(\mathfrak{a})$ le filtre sur E engendré par les ouverts de $\mathfrak{a}$, alors la relation $(\mathfrak{a}, \mathfrak{b}) \in T$ est aussi équivalente à la relation $\omega(\mathfrak{a}) \subset \mathfrak{b}$ entre ultrafiltres sur E. On a aussi pour tout filtre $\mathfrak{a}$ sur E :

$$T(\Upsilon\langle\mathfrak{a}\rangle) = \Upsilon\langle\omega(\mathfrak{a})\rangle.$$

Caractérisations de diverses espèces de topologies [1]. — T étant la nasse d'une topologie sur un ensemble E :

dire que cette topologie est		équivaut à dire que pour tous points x et y de E on a	
I.	de Kolmogoroff	$\tilde{y} \in T(\tilde{x})$ et $\tilde{x} \in T(\tilde{y})$	$\Rightarrow x = y$
II.	faiblement accessible	$\overset{-1}{T}(\tilde{x}) \cap \overset{-1}{T}(\tilde{y}) \neq \emptyset$	$\Rightarrow \overset{-1}{T}(\tilde{x}) = \overset{-1}{T}(\tilde{y})$
III.	accessible	$\overset{-1}{T}(\tilde{x}) \cap \overset{-1}{T}(\tilde{y}) \neq \emptyset$	$\Rightarrow x = y$
IV.	faiblement séparée	$T(\tilde{x}) \cap T(\tilde{y}) \neq \emptyset$	$\Rightarrow T(\tilde{x}) = T(\tilde{y})$
V.	séparée	$T(\tilde{x}) \cap T(\tilde{y}) \neq \emptyset$	$\Rightarrow x = y$
VI.	complètement séparée	$\overset{-1}{T} \circ T(\tilde{x}) \cap \overset{-1}{T} \circ T(\tilde{y}) \neq \emptyset$	$\Rightarrow x = y$
VII.	quasi régulière	$\overset{-1}{T} \circ T(\tilde{x}) = T(\tilde{x})$	
VIII.	semi-régulière	$\complement \overset{-1}{T}\left(\complement \overset{-1}{T} \circ T(\tilde{x})\right) = T(\tilde{x})$	
IX.	absolument fermée	$\overset{-1}{T} \circ T(\tilde{E}) = \Upsilon(E)$	
X.	quasi compacte	$T(\tilde{E}) = \Upsilon(E)$	
XI.	quasi normale	$\overset{-1}{T} \circ T \subset T \circ \overset{-1}{T}$	
XII.	complètement quasi normale	$\overset{-1}{T} \circ T = T \cup \overset{-1}{T}$	
XIII.	extrêmement discontinue	$T \circ \overset{-1}{T} \subset \overset{-1}{T} \circ T$	

De plus pour qu'on ait $T\circ\overset{-1}{T} = T\cup\overset{-1}{T}$ il faut et il suffit que pour toutes parties A et B de E on ait

$$\overline{A}\cap B = A\cap\overline{B} = \emptyset \Rightarrow \overline{A}\cap\overline{B} = \emptyset.$$

Caractérisations d'applications. — Toute application $f: E\to F$ s'étend canoniquement en une application (continue) de $\Upsilon(E)$ dans $\Upsilon(F)$. Nous désignerons par $\hat{f}$ le graphe de cette extension. Si E et F sont munis de topologies dont les nasses sont respectivement T et V, on a les équivalences suivantes :

f est continue $\Leftrightarrow \hat{f}\circ T\subset V\circ\hat{f} \Leftrightarrow \hat{f}\circ\overset{-1}{T}\subset\overset{-1}{V}\circ\hat{f} \Leftrightarrow \hat{f}\circ\partial_E\circ\overset{-1}{T}\subset\partial_F\circ\overset{-1}{V}\circ\hat{f}$;

f est ouverte $\Leftrightarrow \hat{f}\circ T\supset V\circ\hat{f}$; f est fermée $\Leftrightarrow \hat{f}\circ\overset{-1}{T}\supset\overset{-1}{V}\circ\hat{f}$;

f est propre $\Leftrightarrow \hat{f}\circ\partial_E\circ\overset{-1}{T} = \partial_F\circ\overset{-1}{V}\circ\hat{f}$.

Comparaison des cottes. — Sur l'ensemble $\mathcal{C}(E)$ des cottes sur E, la relation $A\supset B$, que nous lirons « A est moins fine que B », est une relation d'ordre. Pour cette relation d'ordre $\mathcal{C}(E)$ est réticulé achevé (on dit aussi treillis complet) distributif. Si $(A_\iota)_{\iota\in I}$ est une famille non vide de cottes sur E, on a

$$\inf_\iota A_\iota = \mathrm{Adh}\Big(\bigcup_\iota A_\iota\Big) \quad \text{et} \quad \sup_\iota A_\iota = \bigcap_\iota A_\iota.$$

La borne inférieure d'une famille quelconque de nasses (resp. résilles) est une nasse (resp. résille). Par contre la borne supérieure de deux résilles n'est pas nécessairement une résille (ni même une nasse).

Étant donnée une cotte A, désignons par $n(A)$ [resp. $r(A)$] la borne inférieure de toutes les nasses (resp. résilles) plus fines que A. On a : 1° $n(A) = \mathrm{Adh}(A\circ\partial)$ et $r(A) = \mathrm{Adh}(\partial\circ A\circ\partial)$; 2° n et r sont des opérations de fermeture; 3° $r\circ n = n\circ r = r$. Ainsi $\mathcal{N}(E)$ (ensemble des nasses sur E) et $\mathcal{R}(E)$ (ensemble des résilles sur E) sont également réticulés achevés pour l'ordre induit; et $n\big(\sup_\iota A_\iota\big) = n\big[\sup_\iota n(A_\iota)\big] = \sup_{\mathcal{N}\,\iota} n(A_\iota)$; $n\big(\inf_\iota A_\iota\big) = \inf_\iota n(A_\iota)$; il en est de même pour r avec $\mathcal{R}$ au lieu de $\mathcal{N}$ de sorte que $\mathcal{N}$ et $\mathcal{R}$ sont également distributifs.

Si A et B sont des cottes (resp. nasses, résilles) sur E, alors $A\circ B$ est aussi une cotte (resp. nasse, résille) et $n(A\circ B)\supset n(A)\circ n(B)$ sans égalité en général; il en est de même pour r.

(1) En toute rigueur il faudrait faire figurer E en indice à Υ (et aux delta.)

(2) *Voir* G. Choquet, *Ann. Univ. Grenoble*, 23, 1947 et 1948, p. 57-112.

(3) P se présente comme le prolongement par continuité de ce graphe.

(4) Pour les définitions précises : II, tout voisinage d'un point contient l'adhérence de ce point; IV, tout filtre convergent converge strictement; VII, axiome (O_{III}) de N. Bourbaki, *Eléments de Mathématiques* (*Act. scient. et ind.*, Paris); VIII, *voir* N. Bourbaki, Livre III; chap. 1, § 8, exerc. 20, 3e éd.; IX, *ibid*, § 9, exerc. 19, axiome (AF'); XI, axiome (O'_V) de N. Bourbaki, Livre III, chap. 9, § 4, 2e éd.; XII, *ibid.*, exerc. 3. condition *c*. Nous ne postulons pas la séparation.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Comment améliorer la détermination d'une dérivée expérimentale.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Henri Villat.

L'exploitation rationnelle de données expérimentales dépend essentiellement, nous avons maintes fois insisté là-dessus, de la nature du problème qu'on a abordé. On cherche normalement un résultat très particulier : un coefficient de l'équation d'une courbe, ou une certaine fonction de ces coefficients. On ne cherche pour elle-même l'équation d'une courbe, que lorsque l'étude approfondie des divers aspects de cette courbe serait prématurée. L'idée d'une courbe la meilleure pour représenter une série d'expériences n'a d'ailleurs aucun sens en soi, il faut spécifier à quel point de vue on veut la courbe la plus précise, c'est-à-dire, justement, quel résultat, avant tout, on désire connaître avec le plus d'exactitude possible. Il s'ensuit que si l'on a à déterminer successivement plusieurs propriétés, même si elles paraissent se commander, il faut chaque fois reprendre entièrement le problème d'exploitation, à partir des données expérimentales.

Le critère de détermination optimale d'un résultat est que l'inévitable incertitude des données retentisse le moins possible sur le résultat. Mais on ne peut mettre ce critère en application que si l'on a précisé une procédure pour relier, aux données, le résultat cherché.

Nous avons indiqué que, la courbe dépendant de N paramètres, on partageait l'intervalle expérimental en N sous-intervalles le long de chacun desquels on identifierait la valeur moyenne expérimentale et celle qu'on calculerait par l'équation attribuée à la courbe. Dans ces conditions, l'imprécision minimale sur le résultat, qui peut alors se calculer en fonction des incertitudes frappant chaque donnée, est atteinte lorsque toutes ces incertitudes interviennent avec le même coefficient en valeur absolue. On trouve que cette condition permet de fixer les bornes à donner aux sous-intervalles, et le problème est alors complètement déterminé.

Telle est la méthode que nous avons préconisée, et employée depuis longtemps, mais le but de la présente Note est d'attirer l'attention sur son insuffisante justification, quelque naturelle qu'elle paraisse. Car elle repose sur une certaine manière de relier données et résultat, dont on ne peut garantir qu'elle soit la meilleure, de sorte que l'optimum auquel elle conduit peut être illusoire. Cela se manifeste lorsque le nombre des coefficients de la fonction représentative n'est pas très petit (il ne faudrait jamais dépasser trois). Si les coefficients sont un peu nombreux, cela suffirait déjà à rendre les opérations douteuses, chacun des sous-intervalles étant trop peu garni pour que les moyennes y aient une signification décisive. Mais il intervient en outre cette circonstance que les sous-intervalles sont

très inégaux, ce qui appauvrit énormément certains d'entre eux, et tout l'ensemble devient imprécis. Lorsqu'on détermine *simultanément* plusieurs inconnues, elles influent toutes sur le calcul de la même façon, quelle que soit leur véritable importance numérique : si, dans un polynome du troisième degré, le coefficient du terme en x^3 est mille fois plus petit que les autres, il n'en sera pas moins déterminé par les mêmes procédés que si son importance était comparable à la leur, et ce terme de plus, si petit soit-il, réduit notablement, du seul fait de son existence, la précision du calcul des termes vraiment importants.

Ne faut-il pas, dans ces conditions, renoncer à la procédure simple et élégante, et qui semblait si naturelle? On remarque qu'il peut être plus précis de réduire l'étendue de l'intervalle expérimental car, sur cet intervalle plus court une formule représentative contenant un terme de moins sera facilement suffisante. Ce qui conduira à chercher la solution de ce délicat problème en ne déterminant pas tous les coefficients en même temps (simultanéité systématique qui avait été l'erreur de notre procédure précédente).

De toute manière on essaiera de se contenter d'une formule ne contenant que très peu de paramètres (pas plus de trois), dût-on pour cela, guidé par une théorie, user de fonctions transcendantes et non de polynomes. Et s'il se révèle cependant nécessaire d'avoir recours à un développement en série entière, on compléterait arbitrairement ces trois termes, seuls calculés, par quelques autres de degré plus élevé, astreints seulement à former avec eux une suite décroissant régulièrement vers zéro. Mais il y a heureusement plus judicieux.

Supposons donc qu'un polynome du second degré ne puisse suffire et qu'il faille absolument s'élever jusqu'au troisième degré. Cela arrivera par exemple si l'on veut calculer la *dérivée* en un point d'une courbe expérimentale. En effet, un polynome du second degré comporte les propriétés essentielles d'une fonction pratique et suffit souvent pour représenter un

et représentant ce demi-arc par un polynome du second degré seulement. Après quoi, D étant ainsi très bien connu, on recherche la détermination la meilleure pour le coefficient C du polynome $(Ax^3 + Bx^2 + Cx)$, au moyen de l'intervalle expérimental total.

Dans un autre travail nous préciserons la procédure sur un exemple, en montrant ses avantages substantiels.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

où i est l'écart angulaire de la plaquette par rapport à l'angle θ de l'écoulement et ω la pulsation de la perturbation. La valeur relative maximale de cet écart s'exprime en fonction des frottements, à savoir, mécaniques : f_M; fluides : f_F et dynamiques : kU (U étant la vitesse moyenne de l'écoulement) par la relation

$$\frac{i}{\theta_0} = \sqrt{\frac{f_M}{f_F + kU}}.$$

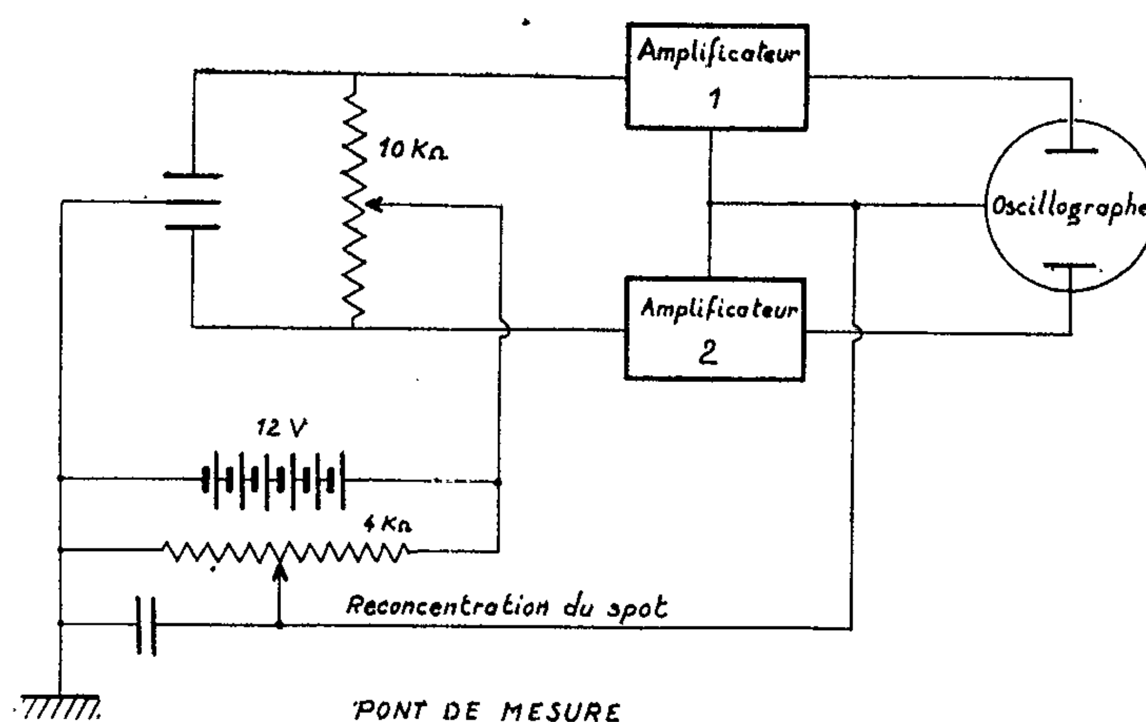


Fig. 2.

Les valeurs de ces coefficients ont été déterminées expérimentalement au moyen d'un modèle électrique constitué par une plaquette excitée électromagnétiquement. Des mesures effectuées dans des fluides de différentes masses volumiques et de différentes viscosités ont permis d'établir l'influence de ces paramètres sur la réponse de l'appareil.

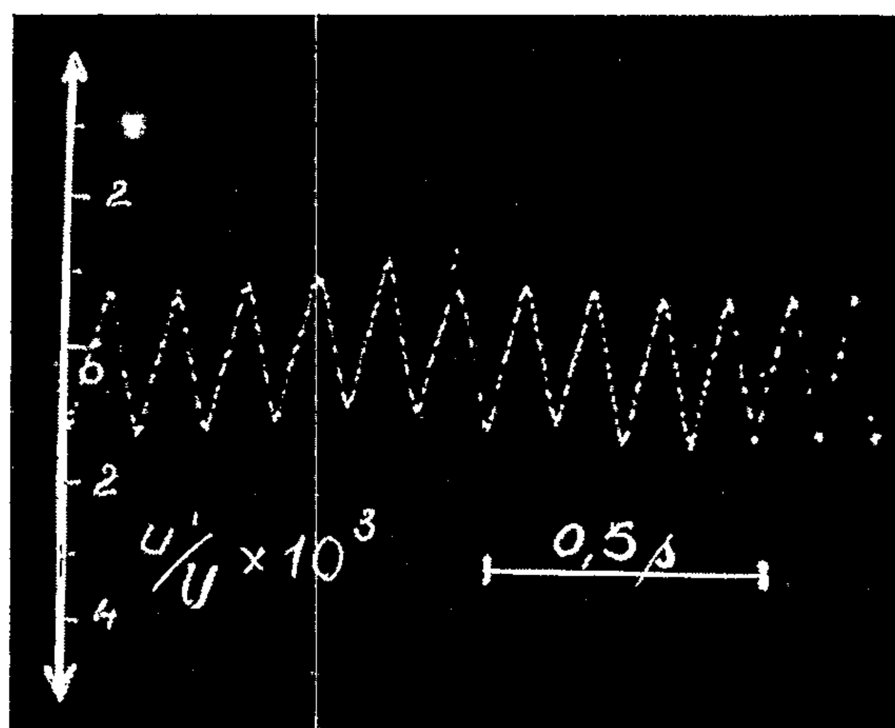


Fig. 3.

Dans les sondes utilisées, l'écart relatif ainsi calculé est de l'ordre de 1 %. Le système de contrôle de la position de la plaquette, par mesure de

résistances électriques, est un pont de Weathstone alimenté en courant continu sous une tension de 5 à 10 V. Le signal recueilli peut, après amplification, être enregistré ou observé à l'oscillographe (*fig.* 2).

L'appareil comporte une armature en acier suffisamment rigide pour éviter toute vibration parasite dans la bande de fréquences intéressante. Des précautions particulières doivent être prises pour assurer l'isolement de la partie immergée; seules les faces internes des électrodes et la partie

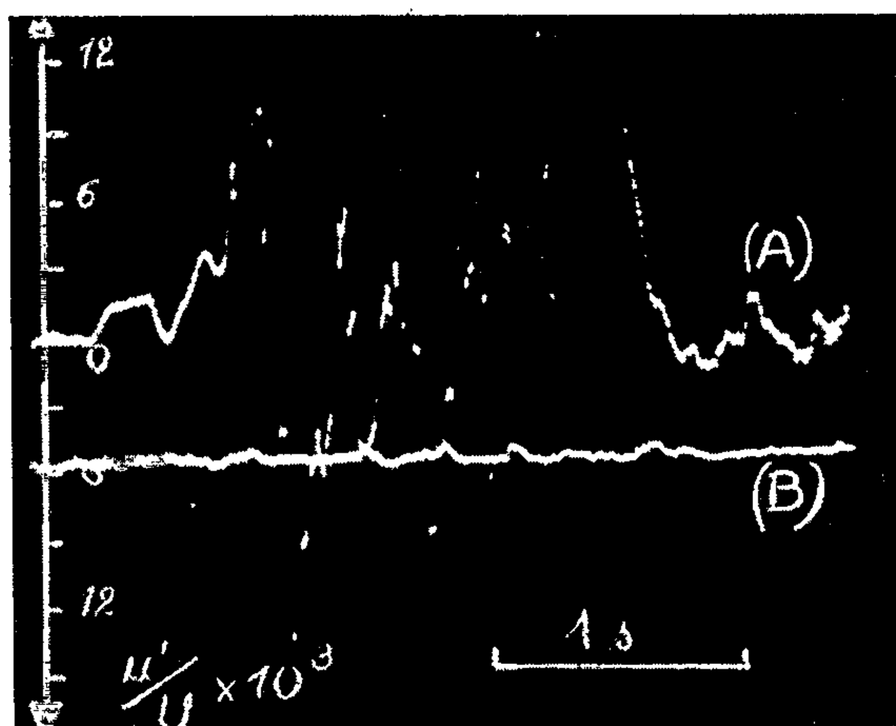


Fig. 4.

mobile, réalisées en platine ne doivent pas être recouvertes de vernis isolant. Le fil de suspension de la plaquette est un filament de tungstène de 20 à 30 μ de diamètre.

La figure 3 est un enregistrement de fluctuations provoquées dans un courant d'eau par un ruban métallique excité mécaniquement à la fréquence de 8 Hz.

L'amplitude relative u'/U de ces fluctuations indiquée sur l'axe vertical est déduite des caractéristiques géométriques et électriques de l'appareil.

L'oscillogramme (*fig.* 4, courbe A) montre le passage d'une zone turbulente dans la couche limite d'une plaque plane ($x = 1{,}5$ m; $\mathrm{U} = 0{,}5$ m/s).

Ce même oscillogramme donne des indications sur le niveau de préturbulence dans l'écoulement non perturbé (courbe B).

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) Des anémomètres à surface conductrice ont été récemment développés, leur complexité et leurs difficultés d'utilisation en ont cependant limité l'emploi.

HYDRAULIQUE. — *Détermination sur calculatrice analogique des oscillations du plan d'eau dans les cheminées d'équilibre.* Note (*) de MM. **Jean Piquemal** et **Jean David**, transmise par M. Léopold Escande.

Exposé de la méthode analogique. Application aux manœuvres instantanées et linéaires dans les cheminées d'équilibre à section constante munies d'un étranglement; comparaison des résultats ainsi obtenus à ceux fournis par une méthode graphique.

Avec les notations de la figure 1, on établit les équations qui régissent les oscillations du plan d'eau dans les cheminées d'équilibre :

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{L}{gf}\dfrac{dQ_1}{d\theta} + Z + aQ_1|Q_1| + a'Q_2|Q_2| = 0, \\ Q_1 = Q_2 + Q, \qquad Q_2 = F\dfrac{dZ}{d\theta}. \end{cases}$$

En utilisant des variables adimensionnelles, le système précédent le transforme en

$$(2)\qquad \begin{cases} \dfrac{dq_1}{dt} + \alpha z + \beta q_1|q_1| + \gamma q_2|q_2| = 0, \\ q_1 = q_2 + q, \\ \dfrac{dz}{dt} = \delta q_2. \end{cases}$$

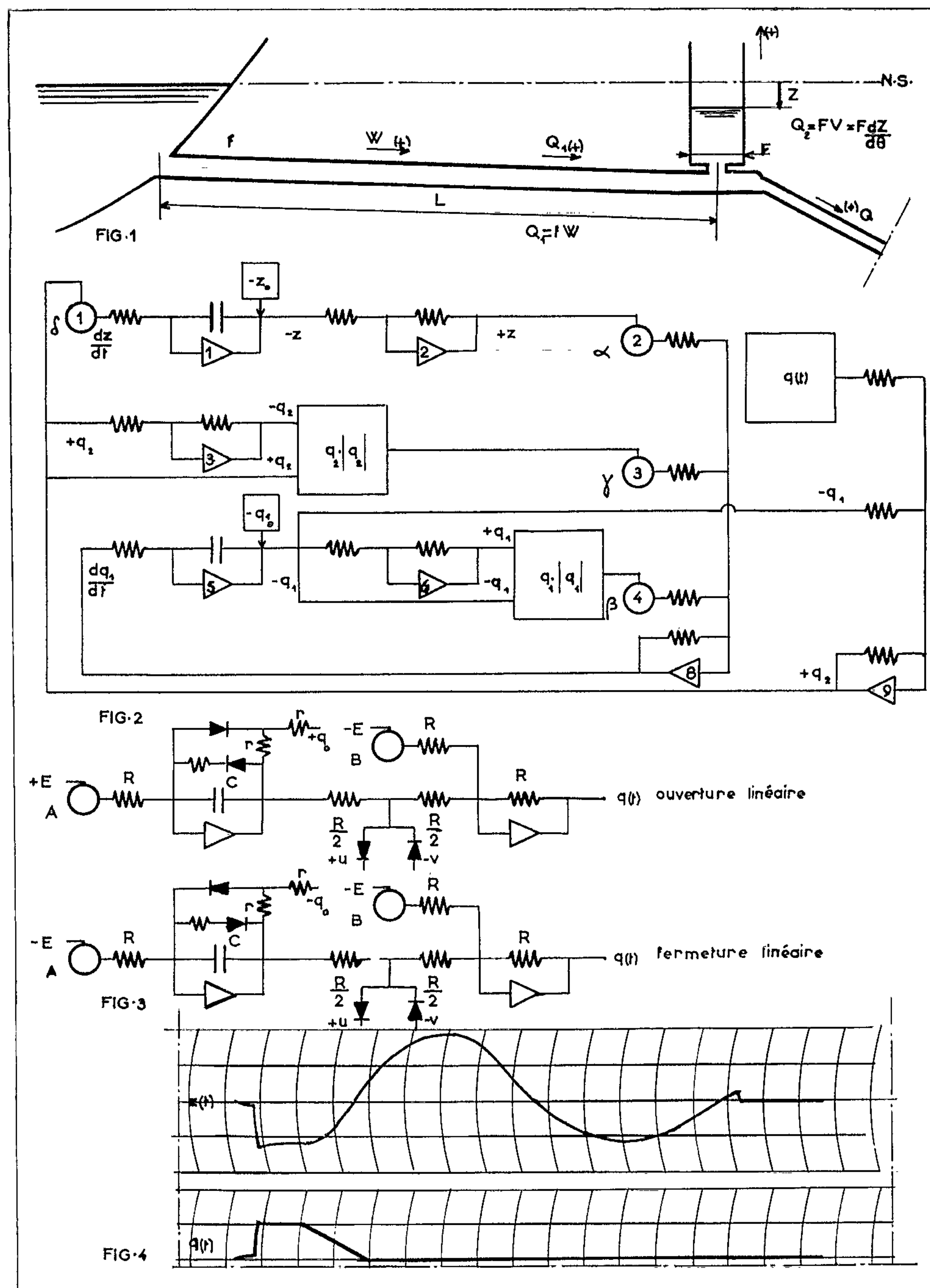
Les différents coefficients α, β, γ, δ dépendent des données géométriques de l'installation et des échelles d'analogie adoptées. Sous cette forme le système peut être résolu par une calculatrice analogique à courants continus. Avec les symboles et conventions habituels, on établit le schéma de principe de la figure 2.

Les lois de pertes de charge, de la forme $q|q|$ sont réalisées par l'intermédiaire de générateurs de fonctions à diodes qui donnent une représentation de la loi considérée par 18 segments de droite.

Les manœuvres instantanées sont obtenues en faisant $q = 0$ pour une ouverture, et en donnant à q une valeur constante pour une fermeture.

Les manœuvres linéaires sont déterminées par les variations de q en fonction du temps suivant une loi linéaire imposée. Les montages de la figure 3 fournissent une telle loi.

Les différentes inconnues se traduisent sous la forme de tensions qui apparaissent en un certain nombre de points du montage. La figure 4 montre l'enregistrement d'une tension qui représente les variations du plan d'eau dans la cheminée d'équilibre étudiée par la suite, dans les conditions de fonctionnement n° 3.



Nous donnons, à titre d'exemple, les résultats fournis par cette méthode appliquée à l'étude de l'installation dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$L = 2064,20\ \text{m};\quad F = 12,56\ \text{m}^2;\quad f = 2,365\ \text{m}^2;\quad Q_0 = 3,9\ \text{m}^3/\text{s}.$$

Pertes de charge pour le débit nominal, dans la galerie : $P_0 = 3,62$ m; dans l'étranglement : $R_0 = 6,28$ m.

Différentes manœuvres de fonctionnement ont été envisagées :

1° Fermeture totale instantanée.

2° Fermeture partielle instantanée de 3,9 m^3/s à 0,78 m^3/s.

3° Fermeture linéaire totale en 40 s.

Pour les ouvertures, on a pris : $P_0 = 5{,}35$ m et $R_0 = 8{,}32$ m.

4° Ouverture totale instantanée.

5° Ouverture partielle instantanée de 1,17 m^3/s à 3,9 m^3/s.

6° Ouverture linéaire totale en 40 s.

Le tableau ci-dessous permet de comparer les résultats de la méthode analogique à ceux fournis par les méthodes graphiques.

	Cas.					
	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Analogie Z_{max} (m)............	5,61	4,20	5,92	−8,10	−7,15	−8,15
Graphique Z_{max} (m)..........	5,66	4,27	5,95	−8,10	−7,22	−8,20

On note une très bonne concordance entre les résultats des deux méthodes.

La supériorité de l'analogie réside dans la possibilité qui est offerte à l'opérateur de faire varier, à volonté et en un temps relativement court, les différents paramètres de l'installation puisqu'ils se traduisent par des affichages potentiométriques.

Nous nous proposons ultérieurement d'aborder par la même méthode des problèmes relatifs à des installations hydrauliques beaucoup plus complexes.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

ASTRONOMIE. — *Rotation et masse de la partie centrale de la galaxie NGC 4736.* Note (*) de Mme **Renée Duflot**, présentée par M. André Lallemand.

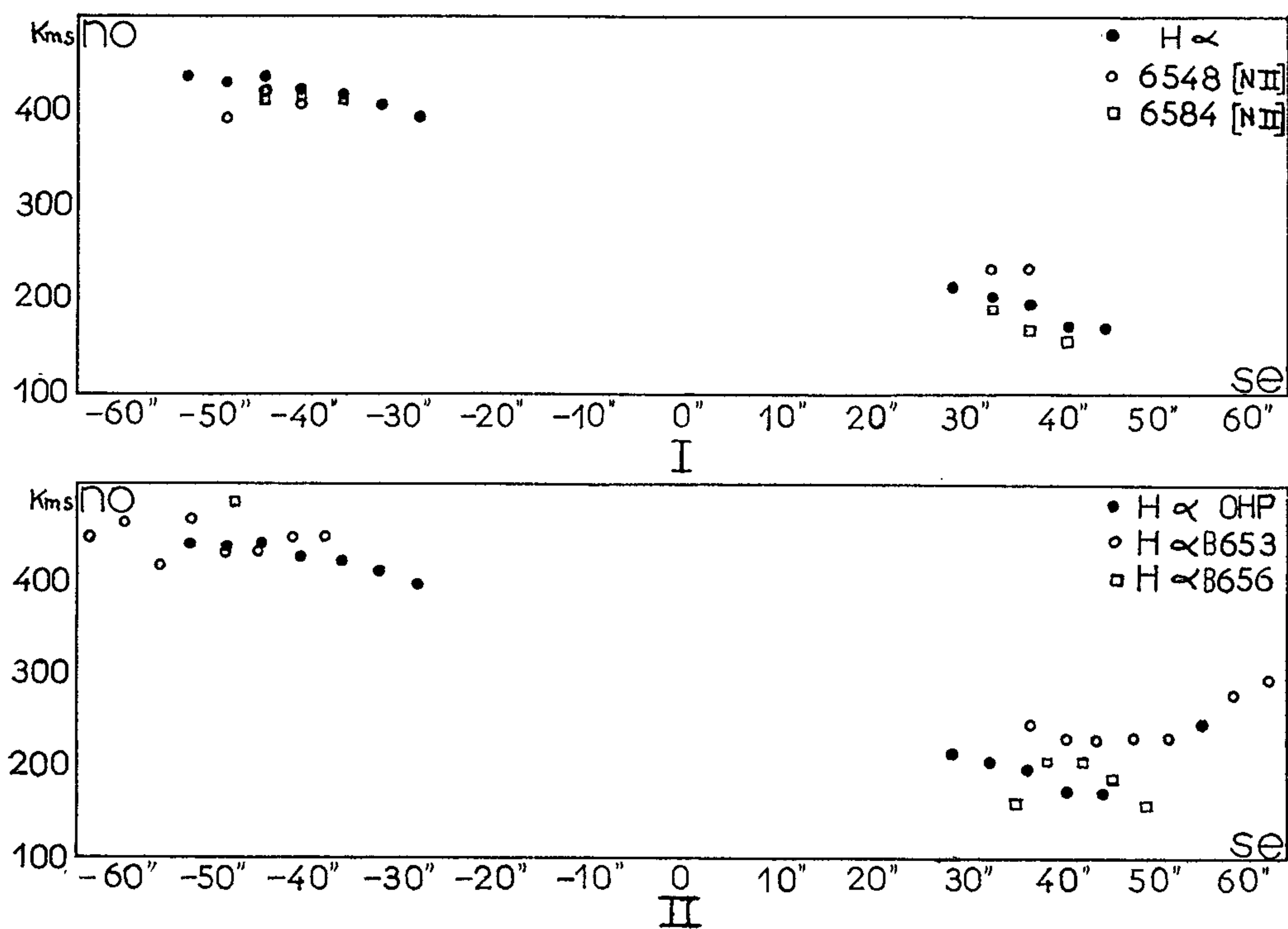
Le spectre de la galaxie NGC 4736 présente des raies inclinées. Les pointés effectués sur les raies H_α et [N II] permettent de déterminer la courbe de rotation. On trouve pour valeur approchée de la masse $M = 4,6.10^{10} M_\odot$.

Le spectre de la galaxie NGC 4736 a été obtenu en avril 1962 à l'Observatoire de Haute-Provence à l'aide d'un nouveau spectrographe. Cet appareil placé au foyer Newton du télescope de 193 cm, possède une chambre de Schmidt ouverte à F/1. La dispersion est environ 170 Å/mm sur le film. Deux spectres obtenus, l'un sur film 103*a*O (3 h de pose), l'autre sur film 103*a*F (5 h de pose) révèlent de nombreuses raies en absorption, notamment λ 3 933 et λ 3 968 de Ca II, H_β, H_γ, H_δ, ..., la bande G. Sur le film 103*a*F les raies H_α, λ 6 548 et λ 6 584 de [H II] se détachent en émission sur le fond continu et dépassent largement de part et d'autre du spectre.

Humason, Mayall et Sandage notent que la vitesse de cette nébuleuse « est sans doute perturbée par la rotation » ([1]). Les raies observées sont en effet inclinées. Ce phénomène est très net pour H_α et [N II]. Les raies d'absorption, plus larges, donnent des indications moins précises. Notons que parallèlement à l'examen de ces clichés une étude de E. M. et G. R. Burbidje a été publiée sur la même nébuleuse ([2]).

Les mesures ont été effectuées sur les raies en émission précitées. Le graphique 1 indique la variation de la vitesse radiale non corrigée en fonction de la distance du centre. La loi est linéaire aux erreurs et mesure près. L'interruption entre — 30 et + 30″ correspond à la partie centrale de la nébuleuse qui est fortement surexposée. Les deux portions de droite ne sont pas exactement dans le prolongement l'une de l'autre : cette discontinuité qui s'observe visuellement sur le spectre semblerait indiquer que le centre de la galaxie est le siège de mouvements plus rapides. Sur le graphique 2 nous comparons nos résultats avec ceux obtenus par E. M. et G. R. Burbidje sur les deux clichés B 653 et B 656 qui correspondent à la région centrale. La dispersion des mesures est plus grande, toutefois l'accord est acceptable dans l'ensemble. Ils concluent qu'une analyse détaillée de la courbe de rotation est impossible. D'autres pointés effectués vers 130″ dans des plages d'émission se situent également de façon disparate. Nous n'avons pas étudié ces régions. Le spectrographe qu'ils utilisent (télescope de 82 in., caméra ouverte à F/0,65) est comparable au nôtre. Seule la dispersion est notablement différente (330 au lieu de 170 Å/mm). Une faible dispersion introduit sûrement une plus grande imprécision dans les pointés. D'autre part, une galaxie est un ensemble complexe; il est difficile d'imaginer qu'il puisse tourner simplement comme un corps

solide. Nous pouvons essayer de le décomposer en diverses couches qui peuvent se mouvoir de façon différente et il n'est pas étonnant de trouver dans des régions en émission assez éloignées du centre des vitesses plus ou moins désordonnées.



L'application d'une méthode classique déjà citée ([3]) nous permet de calculer la masse de la région centrale de la galaxie en négligeant la discontinuité observée. La valeur trouvée $M = 4.6.\ 10\ M_{\odot}$ est en accord avec l'estimation de E. M. et G. R. Burbidje. L'imprécision de ce résultat est due en grande partie à la difficulté de déterminer la distance d'une galaxie aussi proche. Nous avons admis la valeur $D = 10.10^6$ pc ([2]).

(*) Séance du 12 novembre 1962.
([1]) *Astron. J.*, 61, 1956, p. 131.
([2]) *Ap. J.*, 135, 1962, p. 366.
([3]) *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2516.

(*Observatoires de Marseille et de Haute-Provence.*)

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Une analogie entre la mécanique classique et la mécanique quantique.* Note de M. **André Rot**, présentée par M. Louis de Broglie.

On englobe la transformation de Fourier et l'inversion d'espace dans un même groupe continu de transformations canoniques, ce qui permet de mettre ces deux transformations sous forme exponentielle et de définir les puissances non entières de la transformation de Fourier.

La Mécanique quantique fait largement usage de la représentation dans l'espace des impulsions, déduite de la représentation dans l'espace de configuration par la transformation de Fourier [1] :

$$\mathcal{F}: \quad \psi \rightarrow \varphi, \qquad \text{où} \quad \varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \psi(y)\, e^{ixy}\, dy.$$

Elle utilise aussi l'inversion d'espace définie par

$$\mathcal{I}: \quad \psi \rightarrow \chi, \qquad \text{où} \quad \chi(x) = \psi(-x)$$

et l'on sait que cette transformation peut être considérée comme l'itérée de la transformation de Fourier :

$$\mathcal{I} = \mathcal{F}^2 \qquad \text{car} \quad \chi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} \varphi(y)\, e^{ixy}\, dy.$$

Ces deux transformations étant unitaires on peut se demander s'il est possible de les considérer comme deux éléments particuliers d'un groupe continu de transformations unitaires U_α telles que [1]

$$U_{\alpha_0} = \mathcal{F}; \qquad (U_{\alpha_0})^2 = U_{2\alpha_0} = \mathcal{I}.$$

On considère généralement $\mathcal{I}$ comme une symétrie de l'espace de configuration, elle n'appartient pas alors à la composante connexe de l'identité du groupe orthogonal de cet espace et il est impossible de l'atteindre par continuité.

Cependant, les transformations $\mathcal{F}$ et $\mathcal{I}$ se traduisent par les substitutions

$$\mathcal{F}\begin{cases} q \rightarrow p, \\ p \rightarrow -q, \end{cases} \qquad \mathcal{I}\begin{cases} q \rightarrow -q, \\ p \rightarrow -p \end{cases}$$

sur les opérateurs dynamiques de base q et p. De telles substitutions sont bien connues en Dynamique analytique : ce sont deux transformations particulières du groupe (infini et continu) des transformations canoniques. Mais pour résoudre notre problème nous pouvons nous limiter à la considération du sous-groupe à un paramètre G_1 défini par les équations

$$q \rightarrow Q = q\cos\theta + p\sin\theta,$$
$$p \rightarrow P = p\cos\theta - q\sin\theta.$$

Ce sont bien là des transformations canoniques, car

$$P\,dQ - p\,dq = d\left[\frac{p^2 - q^2}{2}\sin\theta\cos\theta - pq\sin^2\theta\right] = \text{différentielle totale exacte.}$$

On sait, d'autre part, qu'une transformation canonique infinitésimale [2]

$$q \to q + \xi(q, p)\,\delta\theta,$$
$$p \to p + \eta(q, p)\,\delta\theta,$$

pour laquelle

$$\eta\,dq + p\,d\xi = dF$$

admet pour symbole, f étant une fonction quelconque (dérivable) de q et de p :

$$Xf = [f, W],$$

où $W(q, p) = p\xi - F$ est la fonction caractéristique et où $[f, W]$ désigne le crochet de Poisson :

$$[f, W] = \frac{\partial f}{\partial q}\frac{\partial W}{\partial p} - \frac{\partial f}{\partial p}\frac{\partial W}{\partial q}.$$

Pour le groupe G_1 on trouve que

$$\xi = p, \qquad \eta = -q,$$
$$F = \frac{1}{2}(p^2 - q^2), \qquad W = \frac{1}{2}(p^2 + q^2)$$

et l'on vérifie bien qu'on a, par exemple :

(1) $$Q = q + \theta[q, W] + \frac{\theta^2}{2!}[[q, W], W] + \ldots$$

et une formule analogue pour P.

Revenant à la Mécanique quantique, on sait que l'opérateur

$$W = \frac{1}{2}(p^2 + q^2)$$

est autoadjoint; d'après le théorème de Stone [3], les transformations

$$U_\theta = e^{i\theta W} = e^{i\frac{\theta}{2}(p^2+q^2)}$$

forment un groupe continu à un paramètre de transformations unitaires. Il est alors aisé de vérifier, en prenant les précautions habituelles pour tenir compte du fait que les opérateurs W, q, p ne sont pas bornés, que $Q = U_\theta q U_\theta^{-1}$ est donné par la formule (1) où $[q, W]$ désigne maintenant l'opérateur $-i(qW - Wq)$.

Il résulte immédiatement de ceci que

$$\mathcal{F} = U_{\frac{\pi}{2}}, \qquad \mathcal{J} = \mathcal{F}^2\left(U_{\frac{\pi}{2}}\right)^2 = U_\pi$$

et que, plus généralement, on peut même définir la « transformation de Fourier à la puissance z », z étant un nombre réel modulo 4 puisque (F^4 = Identité), par

$$\mathcal{F}^z = \left(U_{\frac{\pi}{2}}\right)^z = U_{z\frac{\pi}{2}}.$$

Remarquons encore que la transformation

$$\mathcal{F}: \quad q \to p \quad \text{et} \quad p \to -q$$

n'est donnée par la transformation de Fourier que dans la représentation de Schrödinger usuelle où

$$q: \quad \psi(q) \to q\psi(q),$$
$$p: \quad \psi(q) \to -i\hbar\frac{\partial\psi}{\partial q},$$

mais qu'il n'en est pas de même dans les autres représentations. Par contre, les expressions que nous proposons sont indépendantes du choix de la représentation puisque toutes les opérations s'effectuent dans l'algèbre définie par les opérateurs dynamiques.

L'extension de ces remarques à la théorie quantique des champs sera étudiée dans un article ultérieur.

(1) Il est évident que les symbole x, y, q, p peuvent aussi bien désigner l'ensemble des coordonnées $x_1, \ldots, x_n; \ldots; p_1, \ldots, p_n$, que l'une quelconque de ces coordonnées. De même pour le groupe U_α où α peut désigner un ensemble de paramètres $\alpha_1, \ldots, \alpha_r$.

(2) S. Lie, *Theorie der Transformationsgruppen*, 2. Band, Leipzig, 1888. Les transformations que nous appelons canoniques sont celles que S. Lie appelle transformations de contact inhomogènes restreintes.

(3) F. Riesz et B. Sz. Nagy, *Leçons d'Analyse fonctionnelle*, Budapest, 1952.

(*Laboratoire de Physique théorique, Institut Henri Poincaré, Paris.*)

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Graphe et systèmes différentiels des flux et concentrations d'un mélange en séparation par une usine étagée.* Note (*) de M. **Georges-Marie Bouligand**, présentée par M. Francis Perrin.

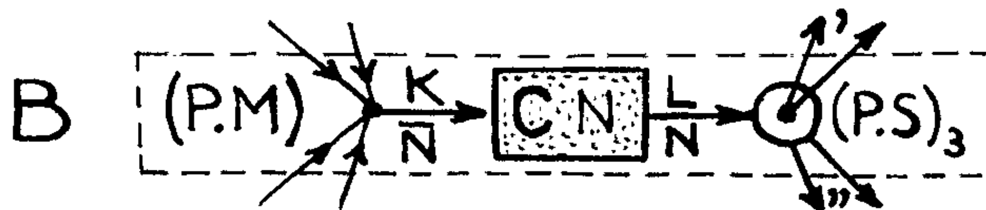
La séparation des éléments (isotopiques) d'un mélange se fait dans une usine $\mathfrak{U}$ où il subit à chaque étage une *séparation partielle*. On pose les équations reliant au temps t les flux **L** et les concentrations **N** du mélange d'après les données de $\mathfrak{U}$; du moins pour un élément.

1. Schématisation. — On distingue dans $\mathfrak{U}$: 1° deux ensembles **U** (*le cœur*) et $\complement$**U** (*le milieu extérieur*) contenant les *alimentations* et les *soutirages* de $\mathfrak{U}$; 2° les *canalisations*, supports des flux; 3° les *points de séparation* (P. S.) représentatifs du processus de séparation. On se limite aux plus simples $(\text{P. S.})_3$, à trois ouvertures. Chaque $(\text{P. S.})_3$ donne accès à un flux d'entrée (L, N) et à deux flux de sortie : un flux (L′, N′) avec $L' = \theta L$ et un flux (L″, N) avec $L'' = (1 - \theta)L$, N′ et N″ étant liés à N et au coefficient de partage global θ $(0 \leqq \theta < 1)$ de $(\text{P. S.})_3$ par le bilan élémentaire $N = \theta N' + (1 - \theta)N''$ et par la loi de séparation $N' = \alpha N$, où α est fonction des concentrations des éléments, de θ, ..., et vérifie les inégalités $\alpha > 0$ et $1 - \alpha\theta > 0$ en raison de la séparation partielle. On admet de plus que N′ et N″ sont fonctions croissantes de N lorsque les autres paramètres de $(\text{P. S.})_3$ sont fixés; d'où $\alpha + N\partial\alpha/\partial N > 0$ et $1 - \theta(\alpha + N\partial\alpha/\partial N) > 0$. Évidemment $1 = \Sigma\alpha N$ où Σ concerne les éléments du mélange; 4° les *points de mélange* (P. M.) dont chacun est le lieu de la réunion de flux (F_k, N_k) qui engendrent un flux global $(\Sigma F_k, \Sigma F_k N_k/\Sigma F_k)$; 5° *les capacités* **C** qui figurent les réservoirs de $\mathfrak{U}$. Chaque **C** comprend une enceinte contenant C moles du mélange de concentration homogène N. Elle est munie d'orifices donnant passage à un flux global d'entrée $(K, \overline{N})$ et à un flux global de sortie (L, N). Si $KL > 0$, **C** est *bipolaire* et **C** $\in$ **U**. Si $KL = 0$, **C** est *unipolaire* et **C** $\in \complement$**U**.

2. Graphe d'une usine. — Dans **U** on peut admettre que chaque $(\text{P. S.})_3$ est alimenté par une **C** bipolaire et rassembler dans cette association $(\text{P. S.})_3$ et **C** dans une même boîte **B** (*fig.*), où $C \geqq 0$ et $0 \leqq \theta < 1$. Le flux global de sortie de **B** est (L, N). Les **B** se classent en **B** *unipolaires* et en **B** *bipolaires*. Une **B** unipolaire $\in \complement$**U** soit qu'elle alimente **U** lorsque son K est composé seulement par des soutirages de **B**, soit qu'elle décharge **U** lorsque ses soutirages contribuent tous à la valeur de son K. Une **B** bipolaire $\in$ **U**. Il en résulte un *graphe* **G** = (X, **Γ**) (¹) quand, réduisant chaque **B** à un point, on porte sur les arcs orientés, représentant les connexions, l'un des signes $^+$, $'$, $''$, $\bar{'}$, $\bar{''}$, aux acceptions respectives : alimentation de $\complement$**U**

vers $\mathbf{U}$, soutirage $(') \in \mathbf{U}$, soutirage $('') \in \mathbf{U}$, soutirage $(')$ de $\mathbf{U}$ vers $\complement \mathbf{U}$ soutirage $('')$ de $\mathbf{U}$ vers $\complement \mathbf{U}$. Précisément $X = E + P + S$ avec $S = S' + S''$ où E est l'ensemble des points d'entrée de $\complement \mathbf{U}$ vers $\mathbf{U}$; P l'ensemble des $\mathbf{B}$ bipolaires de $\mathbf{U}$; S' l'ensemble des points de sortie $(')$ de $\mathbf{U}$ vers $\complement \mathbf{U}$; et S'' l'ensemble des points de sortie $('')$ de $\mathbf{U}$ vers $\complement \mathbf{U}$. On a $\Gamma E \subset P$ et $\Gamma^{-1}(S' + S'') \subset P$. $\mathbf{G} = (X, \Gamma)$ est *réductible* s'il existe dans $\mathbf{G}$ un sous-graphe dont les arcs incidents vers l'intérieur ne proviennent que de E sinon $\mathfrak{U}$ ou $\mathbf{G}$ est *irréductible.* Une $\mathfrak{U}$ non connexe est réductible et correspond à des usines indépendantes. Une $\mathfrak{U}$ connexe et réductible s'étudie de proche en proche.

Remarque. — Dans un mélange binaire, lorsque $\alpha > 1$, $(')$ signifie enrichi et $('')$, appauvri.



3. COEFFICIENTS DE PARTAGE D'UNE USINE. — Soient i et j deux sommets de P, $L_i \theta'_{ij}$ et $L_i \theta''_{ij}$ le flux $(')$ et le flux $('')$ allant de i en j, $L_i \theta'_{ij}$ et $L_i \theta''_{\bar{i}}$ le flux $(')$ et le flux $('')$ allant de i vers $\complement \mathbf{U}$. On pose

$$\theta_{ij} = \theta'_{ij} + \theta''_{ij} \qquad \text{et} \qquad \theta_{\bar{i}} = \theta'_{\bar{i}} + \theta''_{\bar{i}},$$

d'où

$$\theta_i = \sum_{j \in P} \theta'_{ij} + \theta'_{\bar{i}} \qquad \text{et} \qquad 1 - \theta_i = \sum_{j \in P} \theta''_{ij} + \theta''_{\bar{i}}.$$

On introduit de même les coefficients μ'_{ij}, μ''_{ij}, $\mu'_{\bar{i}}$, $\mu''_{\bar{i}}$ tels que

$$\theta'_{ij} = \theta_i \mu'_{ij} \qquad \text{et} \qquad \theta'_{\bar{i}} = \theta_i \mu'_{\bar{i}}, \qquad \text{d'où} \qquad \mu'_{\bar{i}} + \sum_{j \in P} \mu'_{ij} = 1;$$

$$\theta''_{ij} = (1 - \theta_i)\, \mu''_{ij} \qquad \text{et} \qquad \theta''_{\bar{i}} = (1 - \theta_i)\, \mu''_{\bar{i}}, \qquad \text{d'où} \qquad \mu''_{\bar{i}} + \sum_{j \in P} \mu''_{ij} = 1.$$

THÉORÈME. — *Les flux de* $\mathfrak{U}$ *sont tous désignés et d'une seule façon.*

En effet, les arcs de $\mathbf{G}$ sont des soutirages ou des alimentations extérieures (F_i^+, N_i^+).

Remarque. — $\mathbf{G}$ dépend en général du temps, du moins il est invariant tant que les flux globaux $L_i(t)$ demeurent supérieurs ou égaux à zéro.

4. Système différentiel des concentrations d'un élément. — La variation molaire élémentaire par unité de temps d'une capacité **C** de P est

$$\frac{dC_i N_i}{dt} = \sum_{j \in P} L_j \theta'_{ji} N'_j + \sum_{j \in P} L_j \theta''_{ji} N''_j + F_i^+ N_i^+ - L_i N_i.$$

En tenant compte des relations du n° 4 on a le système différentiel

$$\frac{dC_i N_i}{dt} + [(1-\mu''_{ii})(1-\theta_i \alpha_i) + (1-\mu'_{ii})\theta_i \alpha_i] L_i N_i$$
$$- \sum_{j \in P - i} [\theta_j \alpha_j \mu'_{ji} + (1-\theta_j \alpha_j)\mu''_{ji}] L_j N_j = F_i^+ N_i^+ \qquad (i \in P).$$

Sa structure découle des équations et des propriétés suivantes :

1° le crochet $[(1-\mu''_{ii})(1-\theta_i \alpha_i) + (1-\mu'_{ii})\theta_i \alpha_i]$ est > 0 du fait des inégalités $1-\theta_i \alpha_i > 0$, $1-\mu''_{ii} \geqq 0$, $1-\mu'_{ii} \geqq 0$ et de ce que le sommet i est bipolaire. Ce même crochet est $\leqq 1$ puisqu'il est égal à

$$1 - [\theta_i \alpha_i \mu'_{ii} + (1-\theta_i \alpha_i)\mu''_{ii}];$$

2° les autres crochets sont compris entre 0 et 1 (on a 1 pour $\mu'_{ji} = \mu''_{ji} = 1$);

3° les quantités $C_i(t)$ et $F_i^+(t)$ sont $\geqq 0$ et $0 \leqq N_i^+(t) \leqq 1$;

4° la somme des équations donne le bilan élémentaire de $\mathfrak{U}$:

$$\sum_{i \in P} \frac{dC_i N_i}{dt} + \sum_{i \in P} [\theta_i \alpha_i \mu'_i + (1-\theta_i \alpha_i)\mu''_i] L_i N_i = \sum_{i \in P} F_i^+ N_i^+.$$

En introduisant les fonctions

$$f_{jj}(N_j) \equiv [(1-\mu_{jj})(1-\theta_j \alpha_j) + (1-\mu'_{jj})\theta_j \alpha_j] L_j N_j \equiv [1-\theta_j \alpha_j \mu'_{jj} - (1-\theta_j \alpha_j)\mu''_{jj}] L_j N_j,$$
$$f_{ij}(N_j) \equiv [\theta_j \alpha_j \mu'_{ji} + (1-\theta_j \alpha_j)\mu''_{ji}] L_j N_j \qquad (i \neq j \in P),$$
$$s_j(N_j) \equiv f_{jj}(N_j) - \sum_{i \in P - j} f_{ij}(N_j) \equiv [\mu'_j \theta_j \alpha_j + \mu''_j (1-\theta_j \alpha_j)] L_j N_j,$$

ce bilan montre que les $s_j(N_j)$ formés des $f_{ij}(N_j)$ relatifs à la même concentration N_j sont $\geqq 0$ puisque les flux L_j sont $\geqq 0$;

5° on tire les dérivées partielles premières, par rapport à N_j, des fonctions $f_{jj}(N_j)$, $f_{ij}(N_j)$, $s_j(N_j)$ de leurs expressions en changeant α_j en $\alpha_j + N_j \partial \alpha_j / \partial N_j$. Ces fonctions sont donc croissantes de N_j lorsqu'elles ne sont pas $\equiv 0$.

5. Structure du système différentiel des flux de $\mathfrak{U}$. — On le tire du système différentiel des concentrations d'un élément en posant $\alpha_i = N_i = N_i^+ = 1$ $(i \in P)$.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) Cl. Berge, *Théorie des graphes et ses applications*, Dunod, Paris, 1959.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Invariants différentiels de la connexion seule dans un espace non riemannien.* Note de (*) M. **Jacques Romain**, transmise par M. Frans van den Dungen.

Dans un travail précédent ([1]), nous avons affirmé à tort qu'il ne peut exister, dans un espace à n dimensions, d'invariants différentiels formés exclusivement à partir de la connexion affine et de ses dérivées partielles. Il faut, dans la dite Note, rayer la première phrase de la section « Invariants de connexion », p. 2778 (« Il n'existe... de connexion »). Les résultats corrects concernant les invariants de connexion sont les suivants.

Tout « invariant de connexion », fonction de la connexion Γ^h_{pq} et de ses dérivées partielles et éventuellement du tenseur fondamental g_{ik} et de ses dérivées partielles, est soit un « invariant de la connexion seule » (formé à partir de la connexion et de ses dérivées, à l'exclusion de toute intervention du tenseur fondamental), soit un « invariant mixte » (dépendant effectivement à la fois de la connexion et du tenseur fondamental). Les résultats de la Note citée concernent les invariants de connexion dans leur ensemble. Nous dénombrons séparément ci-après les invariants de la connexion seule et les invariants mixtes. Nous conservons la définition donnée précédemment, à savoir qu'un invariant de connexion est dit d'ordre m quand son expression fait intervenir des dérivées d'ordres non supérieurs à m des g_{ik}, et des dérivées d'ordres non supérieurs à $(m-1)$ des Γ^h_{pq}, l'ordre maximal étant effectivement atteint pour l'un au moins des éléments fondamentaux. Les g_{ik}, Γ^h_{pq} propriétés ci-après peuvent alors être établies pour les *invariants de la connexion seule*, par la même méthode que dans la Note précédente.

1° Les invariants d'ordre 1 ne dépendent pas de la partie symétrique de la connexion. En particulier, une connexion symétrique n'admet aucun invariant d'ordre 1.

2° Tout invariant d'ordre 1 est fonction homogène de degré 0 de la partie antisymétrique de la connexion.

3° Le nombre d'invariants indépendants d'ordre m de la connexion seule, dans un espace à n dimensions, est

$$I''_{n,m} = \frac{n(m+n-2)!}{(n-1)!\,(m+1)!}[mn^2(m+1)-(m+n)(m+n-1)] \qquad (m \geqq 2,\ n \geqq 3);$$

$$I''_{n,1} = \frac{1}{2}n^2(n-3) \qquad (n \geqq 3).$$

4° En soustrayant $I''_{n,m}$ du nombre total des invariants de connexion d'ordre m trouvé précédemment (1), on obtient le nombre des *invariants mixtes :*

$$I'''_{n,m} = \frac{n(m+n)!}{(n-1)!(m+1)!} \qquad (m \geqq 2,\ n \geqq 3);$$

$$I'''_{n,1} = \frac{1}{2} n^2 (n+3) \qquad (n \geqq 3).$$

(*) Séance du 12 novembre 1962.
(1) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2777.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Nouvelle classification des particules élémentaires et des résonances.* Note (*) de M. **Francis Halbwachs**, présentée par M. Louis de Broglie.

La découverte récente d'un second neutrino et d'une résonance K^-p d'étrangeté $+1$ conduit à une généralisation du schéma de Sakata en relation avec la théorie du rotateur relativiste de Vigier.

Les « modèles composés » des particules élémentaires ([1]) reposent sur la symétrie unitaire opérant sur une triade (p, n, Λ), et parallèlement sur une triade leptonique (e, ν, μ). Mais outre certaines difficultés rencontrées par ce schéma ([2]), son idée de base paraît être remise en cause par la découverte d'un second neutrino ([3]), et par celle d'une résonance K^-p aux environs de 1500 MeV qui révèle l'existence d'une particule très instable V^+ d'étrangeté $+1$, qui formerait avec Λ un « doublet d'étrangeté ». L'idée a été avancée récemment par Yukawa de considérer un schéma à *quatre* baryons fondamentaux (p, n, V, Λ) (et à quatre leptons fondamentaux) en relation avec la théorie du rotateur relativiste ([4]).

Cette théorie repose sur la considération d'un groupe d'invariance $G = SO_3^+ \times SO_3^- \times SO'_3$, où SO_3^+ et SO_3^- sont des groupes orthogonaux complexes et SO'_3 un groupe orthogonal réel. Les représentations irréductibles de G sont fournies par des fonctions propres à six nombres quantiques : $Z(l^+, l^-, s'; m^+, m^-, m')$ avec

$$l^\pm = 0,\ \frac{1}{2},\ 1,\ \ldots;\qquad m^\pm = -l^\pm,\ -l^\pm+1,\ \ldots,\ l^\pm-1,\ l^\pm;$$

$$s' = l^+ + l^-,\ l^+ + l^- - 1,\ \ldots,\ |l^+ - l^-|;\qquad m' = -s',\ -s'+1,\ \ldots,\ s'-1,\ s';$$

m^+ représente le spin isotopique, m^- la demi-étrangeté et m' le demi-nombre baryonique. On classera les fonctions suivant les représentations irréductibles $D(l^+, l^-)$ de G.

Nous partons des huit états fondamentaux appartenant à $D(1/2, 0)$ et $D(0, 1/2)$ auxquels nous réserverons le nom de *baryons :*

Les *nucléons* N :

$$p = Z\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2};\ \frac{1}{2}, 0,\ \frac{1}{2}\right),\qquad n = Z\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}; -\frac{1}{2}, 0,\ \frac{1}{2}\right);$$

$$p = Z\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2}; -\frac{1}{2}, 0, -\frac{1}{2}\right),\qquad \bar{n} = Z\left(\frac{1}{2}, 0, \frac{1}{2};\ \frac{1}{2}, 0, -\frac{1}{2}\right).$$

Les « *lambdons* » L :

$$V = Z\left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}; 0,\ \frac{1}{2},\ \frac{1}{2}\right),\qquad \Lambda = Z\left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}; 0, -\frac{1}{2},\ \frac{1}{2}\right);$$

$$\bar{V} = Z\left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}; 0, -\frac{1}{2}, -\frac{1}{2}\right),\qquad \bar{\Lambda} = Z\left(0, \frac{1}{2}, \frac{1}{2}; 0,\ \frac{1}{2},\ \frac{1}{2}\right).$$

Nous pouvons alors former les autres représentations irréductibles comme produits de Clebsch-Gordan des fonctions précédentes. Nous utiliserons une remarque fondamentale de M. Louis de Broglie ([5]) : Les « nombres quantiques internes » considérés ici ne décrivent que les états stationnaires stables de rotation du « rotateur relativiste » qui schématise des édifices étendus dans l'espace. Mais ces nombres ne fournissent pas une description complète de l'édifice, et un même système de nombres quantiques peut représenter des structures très différentes, identiques seulement quant à la rotation interne du rotateur correspondant. Ainsi, si nous opérons la « fusion » de trois unités de spin 1/2, on obtient des états de spin 3/2 et des états de spin 1/2, mais ces derniers doivent être distingués des états « élémentaires » de spin 1/2, car ils sont composés de *trois* particules. Nous distinguerons un tel état en soulignant le spin ([5]). Ainsi on aura le produit de Clebsch-Gordan :

$$D\left(\frac{1}{2}\right) \times D\left(\frac{1}{2}\right) = D\left(\frac{3}{2}\right) + D\left(\underline{\frac{1}{2}}\right).$$

C'est cette remarque qui nous permettra d'obtenir plusieurs états différents (isobares) correspondant aux mêmes nombres quantiques.

La fusion de *deux* états fondamentaux nous fournira :

Par des produits $\overline{N}N$: $D(1/2, 0) \times D(1/2, 0) = D(\underline{0}, 0) + D(1, 0)$, soit : un boson Π'^0 de $D(\underline{0}, 0)$ et trois bosons Π (pions) de $D(1, 0)$.

Par des produits $\overline{L}L$: $D(0, 1/2) \times D(0, 1/2) = D(0, \underline{0}) + D(0, 1)$, soit : un boson Π''^0 de $D(0, \underline{0})$ et trois bosons ω de $D(0, 1)$.

Par des produits $\overline{N}L$ et $\overline{L}N$: $D(1/2, 0) \times D(0, 1/2) = D(1/2, 1/2)$, soit : quatre bosons K correspondant à $s' = \underline{0}$ et quatre bosons isobares K^* correspondant à $s' = 1$, $m' = 0$.

La fusion de *trois* états fondamentaux nous fournira :

1° Des *isofermions* comportant des isobares des nucléons :

$D(1, 0) \times D(1/2, 0) = D(1/\underline{2}, 0) + D(3/2, 0)$ fournit un doublet N_1^* de $D(1/\underline{2}, 0)$ et un quadruplet N^{++}, N_2^*, N^- de $D(3/2, 0)$;

$D(1/2, 1/2) \times D(0, 1/2) = D(1/2, \underline{0}) + D(1/2, 1)$ fournit un doublet N_3^* de $D(1/2, \underline{0})$ et trois doublets X, N_4^*, et Ξ de $D(1/2, 1)$.

2° Des *isobosons* comportant des isobares des « lambdons » :

$D(1, 0) \times D(0, 1/2) = D(1, 1/2)$ avec $s' = 1/\underline{2}$ donne deux triplets Y et Σ;

$D(1, 0) \times D(0, 1/2) = D(1, 1/2)$ avec $s' = 3/2$ $m' = 1/2$ nous donne des triplets Y_1^*, Σ_1^* isobares des précédents;

$D(1/2, 1/2) \times D(1/2, 0) = D(\underline{0}, 1/2) + D(1, 1/2)$ fournit un doublet L_1^* de $D(\underline{0}, 1/2)$ et deux nouveaux triplets Y_2^*, Σ_2^* de $D(1, 1/2)$.

On voit que ce tableau, limité à la fusion de deux et trois états fondamentaux, nous fournit, outre les particules ordinaires Π, K, Σ, Ξ, de la classification et deux bosons Π'^0 et Π''^0 suggérés par certaines expériences, trois bosons singulets étranges ω non observés (et c'est pourquoi nous

n'avons pas mentionné les produits de représentation mettant en jeu D (o, 1)] un doublet X et un triplet Y d'hypérons non observés. En ce qui concerne les isobares des particules (indiqués par une étoile), on peut suggérer les identifications suivantes avec les résonances expérimentales :

Les bosons K^* correspondent à la résonance KΠ observée à 885 MeV [6], le quadruplet N^{++}, N_2^*, N^-, à la résonance NΠ à 1238 MeV [6], le doublet N_1^*, à la résonance NΠ à 1510 MeV [6], les doublets N_3^* et N_4^* aux résonances KY observées à 1650 et 1920 MeV [7]. Enfin nous obtenons des isobares étranges Λ_1^*, identifiable à la résonance KN à 1525 MeV [8], et Σ_1^* identifiable à la résonance KN à 1385 MeV [8]. Les autres résonances ΠN et KN observées correspondent à des états de spin supérieur à 3/2 et peuvent ainsi être légitimement rapportés à des édifices formés de plus de trois fonctions fondamentales. Il en est probablement de même des résonances à deux ou trois Π.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) Sakata, *Prog. Theor. Phys.*, 16, 1956, p. 586; Ikeda et al., *Prog. Theor. Phys.*, 22, 1959, p. 715 et 23, 1960, p. 1073; Yamaguchi, *Prog. Theor. Phys.*, suppl. II, 1959, p. 1.

(2) Entre autres : Levinson et al., *Phys. Rev. Let.*, 1, 1962, p. 125.

(3) Danby et al., 9, 1962, p. 36.

(4) Bohm, Hillion et Vigier, *Prog. Theor. Phys.*, 24, 1960, p. 761; De Broglie, Bohm, Hillion, Halbwachs, Takabayasi et Vigier, *Phys. Rev.* (sous presse).

(5) L. de Broglie, *Introduction à la nouvelle théorie des particules élémentaires*, Gauthier-Villars, Paris, 1961.

(6) Detœuf, Rapport à la Conférence d'Aix-en-Provence, 1961.

(7) Kuznetzov et al., *Phys. Rev. Let.*, 1, 1962, p. 314.

(8) Solmitz, Rapport à la Conférence d'Aix-en-Provence, 1961.

MAGNÉTISME. — *Propriétés magnétiques des gallates de terres rares à haute température.* Note (*) de MM. **Roland Aléonard** et **René Pauthenet**, transmise par M. Louis Néel.

Nous avons mesuré les variations thermiques des susceptibilités des gallates de Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Yb. Aux températures T voisines de l'ambiante, les variations (χ T, T) mettent en évidence l'effet du blocage du moment de l'ion terre rare; aux températures élevées, kT devient comparable à la largeur entre multiplets; la susceptibilité satisfait à la théorie de Van Vleck.

L'expérience a montré que dans les ferrites ([1]) et gallates [([2]), ([3])] de terres rares, à structure grenat, de formule $5\ A_2\ O_3 . 3\ M_2\ O_3$ avec A = Fe ou Ga et M = terre rare, le moment magnétique de l'ion M est bloqué aux basses températures par le champ cristallin dissymétrique créé par les ions oxygène proches voisins. L'interprétation de ces résultats a fait l'objet de travaux théoriques récents [([4]), ([5]), ([6])] à la suite desquels il nous a paru intéressant d'étudier les propriétés magnétiques des gallates aux températures supérieures à l'ambiante.

Les divers échantillons ont été préparés par décomposition des nitrates, à partir d'éléments de terres rares de très grande pureté; on a contrôlé qu'ils étaient cristallographiquement purs. Les mesures de susceptibilité ont été faites à la balance de translation, par température T, décroissantes depuis 1500°K environ jusqu'à l'ambiante; la précision relative des mesures est supérieure à 0,5 %; les susceptibilités mesurées ont été corrigées du diamagnétisme sous-jacent des ions.

Des mesures aux basses températures ([2]), on sait que les interactions d'échange entre ions terres rares sont très faibles et négatives (les points de Curie sont de l'ordre de —2°). On peut négliger aux températures élevées l'effet des interactions d'échange et considérer que le comportement de l'ion terre rare est celui d'un paramagnétique libre. On comparera le produit χ T à la valeur théorique de la constante de Curie C relative à l'état fondamental de l'ion terre rare trivalent. Nous avons représenté sur les figures jointes, les variations (χ T, T) pour dix gallates différents; on observe les résultats suivants :

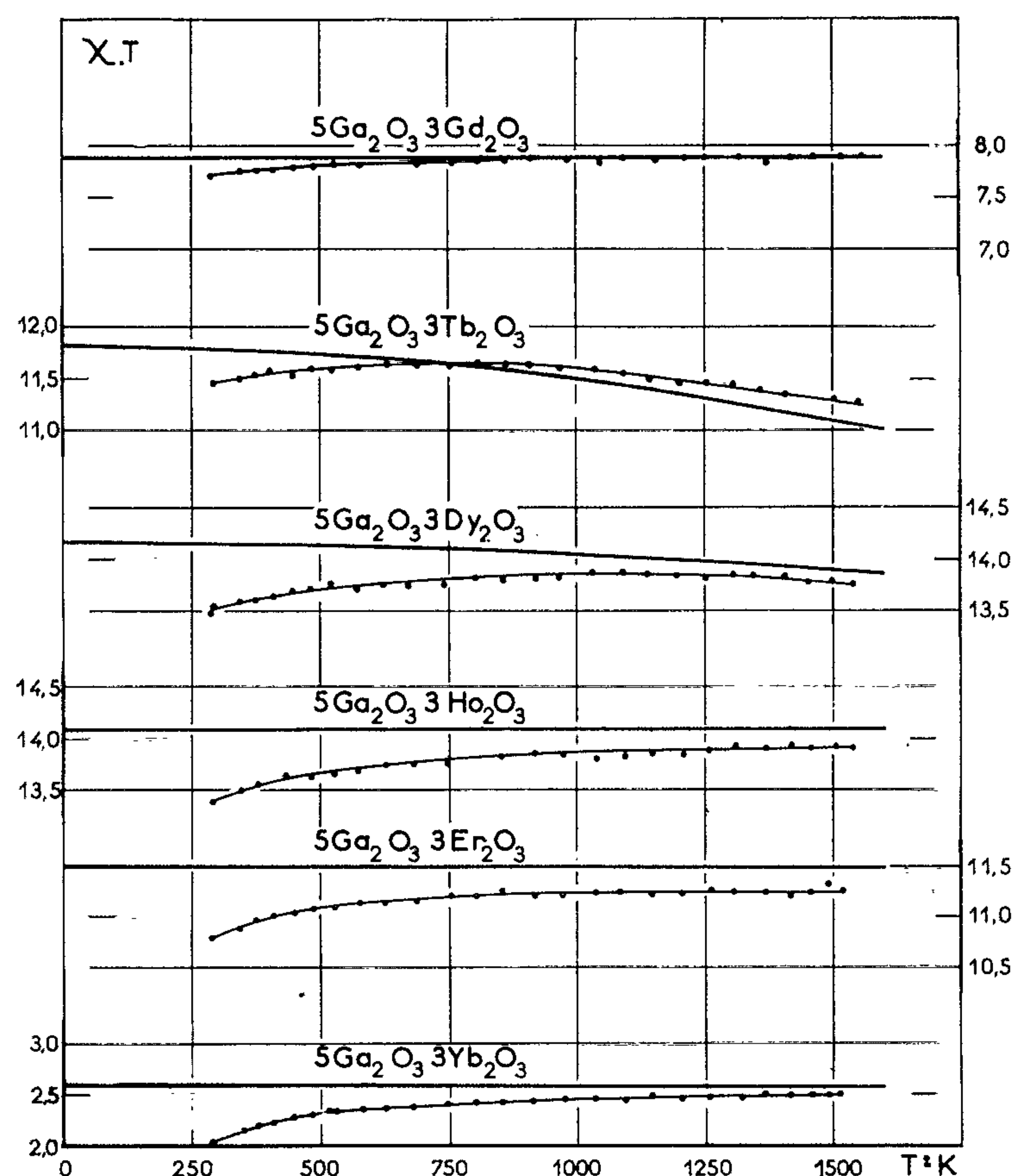
— Pour le gallate de gadolinium, le produit χ T est constant et égal à la valeur 7,9 de la constante C pour Gd^{3+}.

— Pour les gallates d'erbium et d'ytterbium, χ T tend asymptotiquement aux températures élevées vers la valeur théorique C.

— Pour les gallates de praséodyme, de néodyme, de samarium et d'europium, χ T croit continûment avec la température et prend des valeurs supérieures à C, à partir de températures de l'ordre de 750°K, dans les gallates de praséodyme et de néodyme.

— Pour les gallates de terbium, de dysprosium et d'holmium, χT commence par croître avec la température, tend vers la valeur de C, puis décroît aux températures supérieures à 900°K environ.

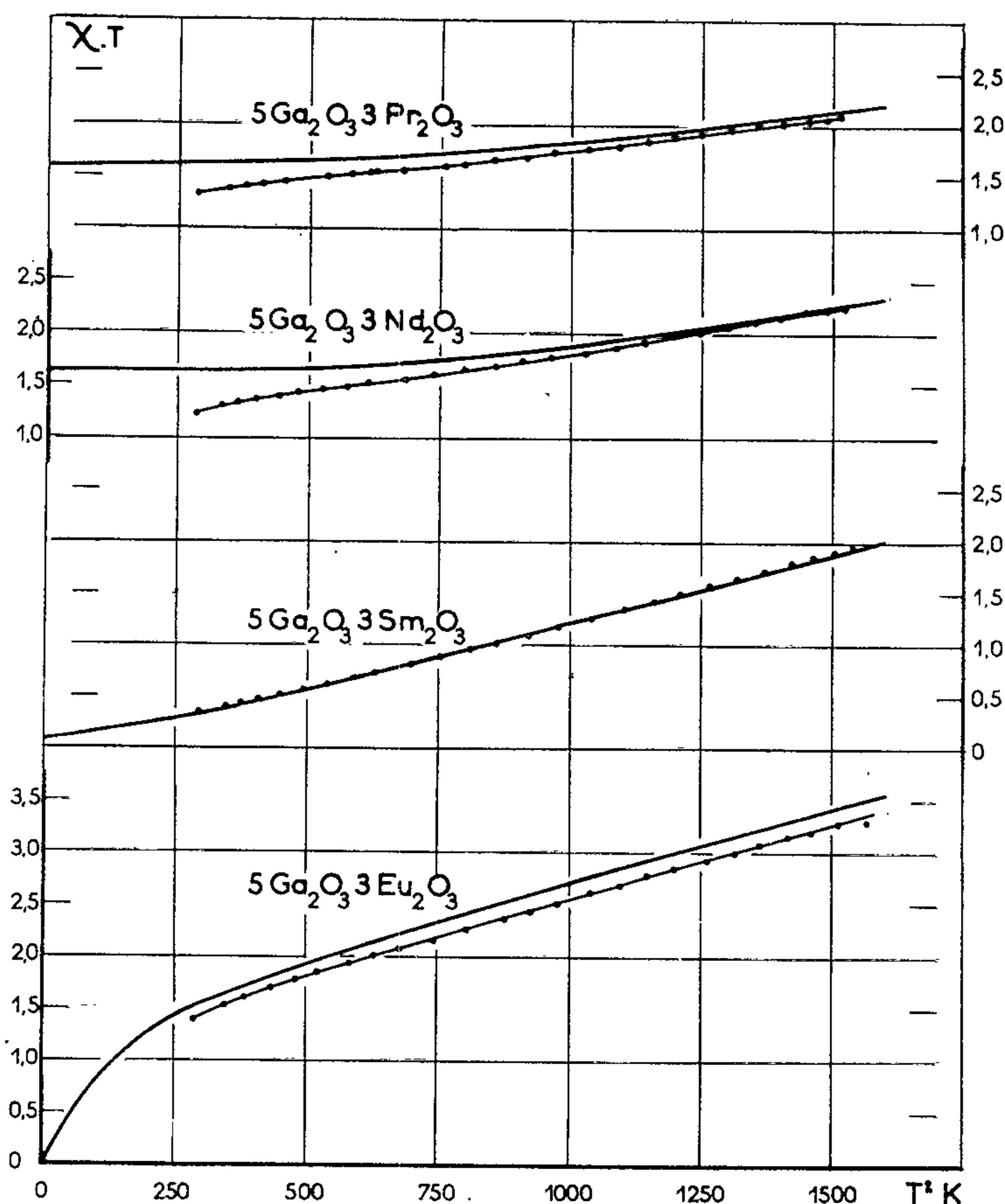
Van Vleck ([7]) a montré que les susceptibilités de Sm^{3+} et Eu^{3+} s'interprètent aux températures voisines de l'ambiante en considérant que



l'énergie d'agitation thermique est comparable à la largeur entre multiplets et suffisante pour que les niveaux supérieurs contribuent progressivement à la valeur de la susceptibilité; pour les autres terres rares, la largeur entre multiplets est plus grande; à température ordinaire, la contribution magnétique des niveaux supérieurs est négligeable, mais elle devient sensible aux températures élevées (jusqu'à 1600°K) auxquelles sont faites les mesures. Nous avons calculé les susceptibilités des différentes terres rares en utilisant l'expression établie par Van Vleck ([7]) :

$$\chi = \frac{N \sum_{J=|L-S|}^{J=L+S} \left[g_J^2 \frac{\mu^2 J(J+1)}{3kT} + \alpha_J \right] (2J+1) e^{-\frac{W_J}{kT}}}{\sum_{J=|L-S|}^{J=L+S} (2J+1) e^{-\frac{W_J}{kT}}}$$

α_J représente le terme de paramagnétisme constant et W_J l'énergie de l'état de nombre quantique J. Cette énergie dépend de la valeur de la constante d'écran σ que nous avons prise égale à 34, en accord avec les résultats antérieurs [(7), (8)], et la même pour toutes les terres rares. Les variations calculées (χ T, T) sont tracées en trait plein sur les figures,



elles représentent de manière satisfaisante, aux températures élevées, les variations expérimentales. Aux basses températures l'écart entre les deux courbes caractérise l'effet du blocage du moment, qui est d'autant plus faible que la température est plus élevée.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) R. PAUTHENET, *Ann. Phys.*, 3, 1958, p. 424.
(2) R. PAUTHENET, *J. Phys. Rad.*, 20, 1959, p. 388.
(3) J. DUCLOZ, *Thèse d'Ingénieur-Docteur*, Grenoble, 1962.
(4) R. L. WHITE et J. S. ANDELIN, *Phys. Rev.*, 115, 1959, p. 1435.
(5) W. S. WOLF, *Proc. Phys. Soc.*, 74, 1959, p. 665.
(6) J. THOMAS, *Thèse d'État*, Grenoble, 1962.
(7) J. H. VAN VLECK, *Le Magnétisme*, Rapport de l'Institut de Physique Solvay, 1932.
(8) R. BENOIT et P. BLUM, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2428.

(Laboratoire d'Électrostatique et de Physique du Métal, Institut Fourier, place du Doyen-Gosse, Grenoble.)

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Diffraction d'une onde électromagnétique cylindrique par un cylindre parabolique parfaitement conducteur. Cas de la polarisation verticale.* Note (*) de M. **Louis Robin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les notations sont celles d'une Note précédente [1].

Le champ magnétique incident est parallèle aux génératrices des cylindres. A un facteur constant près, il a même expression que le champ électrique incident correspondant à la polarisation horizontale, dans chacune des hypothèses énumérées au début de la Note précitée.

$\vec{E}$ désignant le champ électrique total, sur le conducteur nous devons avoir $E_\xi = 0$.

L'équation de Maxwell :

$$(1)\qquad i\varepsilon\omega\,\vec{E} = \mathrm{rot}\,\vec{\mathcal{H}} \qquad \text{entraine} \qquad \frac{\partial \mathcal{H}}{\partial \eta} = 0\,\Big|_{\eta=\eta_0}.$$

Le champ magnétique $\mathcal{H}_S$ relatif à l'onde diffractée contient les mêmes termes en η et ξ que le champ électrique relatif à l'onde diffractée en polarisation horizontale, mais avec des coefficients différents, à cause de la modification de la condition à la surface $\eta = \eta_0$,

En supposant

$$\xi > -\xi_1 > 0 \qquad (\text{quel que soit } \eta - \eta_1,\ 0 \leqq \eta_0 < \eta \text{ et } \eta_1),$$

nous obtenons

$$(2)\qquad \pi\frac{\mathcal{H}_S(\xi,\eta)}{\mathcal{H}_0} = \int_{u_0-i\infty}^{u_0+i\infty} \frac{du}{\sin\pi u}\, D_{-u-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi)\, D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_1)\, \frac{D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta)}{D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)}$$
$$\times\left[D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_{-u-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi_1) - D'_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_{-u-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1)\right].$$

Et avec l'hypothèse supplémentaire $\eta > \eta_1$, le champ magnétique total est

$$(3)\qquad \pi\frac{\mathcal{H}(\xi,\eta)}{\mathcal{H}_0} = -\int_{u_0-i\infty}^{u_0+i\infty} \frac{du}{\sin\pi u}\, D_{-u-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1)\, D_{-u-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi)$$
$$\times \frac{D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta)}{D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)}\left[D'_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_1)\right.$$
$$\left. + D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\, D_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_1)\right].$$

(2) et (3) se déduisent des formules correspondantes de la polarisation horizontale en remplaçant $D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$ par $D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$ et $D_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$ par $-D'_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$.

$D_\nu(Z)$ étant une fonction entière de Z et de ν, il en résulte que ses dérivées par rapport à Z et à ν admettent elles aussi des représentations

asymptotiques et que celles-ci peuvent être obtenues par dérivation de celles de $D_\nu(Z)$.

Nous avons donc

$$(4)\qquad D'_\nu(Z) = \frac{-1}{\sqrt{2}} e^{\frac{\nu+1}{2}\log(-\nu) - \frac{\nu}{2} - Z(-\nu)^{\frac{1}{2}}}\left[1 + O\left(\nu^{-\frac{1}{2}}\right)\right],$$

$$|\arg(-\nu)| \leq \frac{\pi}{2}, \qquad \frac{D'_\nu(Z)}{D_\nu(Z)} = (-\nu)^{\frac{1}{2}}\left[1 + O\left(\nu^{-\frac{1}{2}}\right)\right].$$

Ce rapport étant asymptotiquement indépendant de Z, il en résulte

$$\frac{D'_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)}{D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)} \sim \frac{D_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)}{D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)}$$

et la condition de convergence de l'intégrale (3) est la même que celle de l'intégrale correspondante de la polarisation horizontale : elle converge si $\eta - \eta_1 > 0$.

D'une façon analogue au cas de la polarisation horizontale, l'intégrale (3) peut être transformée en une série qui correspond cette fois aux zéros u'_n de $D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$, zéros qui possèdent les mêmes propriétés que ceux de D_u. Cette série se déduit de celle correspondant à la polarisation horizontale par application de la remarque ci-dessus :

$$(5)\qquad \frac{\mathcal{H}(\xi,\eta)}{\mathcal{H}_0} = -i2\sum_{n=1}^{\infty} \frac{D_{-u'_n-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1)\, D_{-u'_n-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi)\, D'_{u'_n}(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)}{\sin\pi u'_n \left[\dfrac{\partial}{\partial u} D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\right]_{u=u'_n}}$$
$$\times D_{u'_n}(\sqrt{i.2k}\,\eta_1)\, D_{u'_n}(\sqrt{i.2k}\,\eta).$$

Pour $|u| \to \infty$, $-\pi/2 \leq \arg u \leq \pi/2$, nous avons

$$(6)\qquad D'_u(Z) = \sqrt{2}\, e^{\frac{u}{2}(\log u - 1) + \frac{1}{2}\log u} \sin\left(\frac{\pi}{2}u - Z\sqrt{u + \frac{1}{2}}\right)\left[1 + O\left(u^{-\frac{1}{2}}\right)\right].$$

Il en résulte la représentation asymptotique

$$(7)\qquad u'_n = 2n + \frac{4}{\pi}\eta_0\sqrt{i.kn} + i\frac{1}{\pi^2}k\eta_0^2 + O\left(n^{-\frac{1}{2}}\right).$$

Les représentations asymptotiques de

$$D'_{u'_n}(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0) \quad \text{et de} \quad \left[\frac{\partial}{\partial u} D'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)\right]_{u=u'_n}$$

se déduisent par dérivation de celles de

$$D_u(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0) \quad \text{et de} \quad \frac{\partial}{\partial u} D_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$$

et l'on trouve que la condition de convergence de (5) est la même que celle relative à la série correspondante de la polarisation horizontale.

Pour $\eta_0 = 0$, (5) se réduit à

$$\frac{\mathcal{H}}{\mathcal{H}_0} = \frac{i4}{\pi} \sum_{n=0}^{\infty} \mathrm{D}_{-2n-1}(-\sqrt{i.2k}\,\xi_1)\,\mathrm{D}_{-2n-1}(\sqrt{i.2k}\,\xi)\,\mathrm{D}_{2n}(\sqrt{i.2k}\,\eta_1)\,\mathrm{D}_{2n}(\sqrt{i.2k}\,\eta). \tag{8}$$

Des calculs numériques peuvent encore être faits pour $\eta_0 = 0$ et pour $\eta_0\sqrt{k} \gg 1$. Dans ce dernier cas, on remplace $\mathrm{D}'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$, $\mathrm{D}'_{u'_n}(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$ et $\left[\partial \mathrm{D}_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)/\partial u\right]_{u=u'_n}$ par leurs représentations asymptotiques au moyen de la première fonction d'Airy [2].

En posant

$$\nu = u + \frac{1}{2}, \qquad x = \frac{(ik)^{\frac{1}{2}}\eta_0}{(2\nu)^{\frac{1}{2}}},$$

la représentation asymptotique suivante est uniformément valable dans un petit compact connexe du plan x contenant intérieurement le point $x = 1$, point de transition de l'équation de Weber :

$$\mathrm{D}'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0) = \frac{\varphi'_0(x)}{2\nu^{\frac{1}{2}}}[1 + \mathrm{O}(|u|^{-1})], \tag{9}$$

$$\varphi'_0(x) = 2^{\frac{3}{2}}\sqrt{\pi}\, e^{\frac{\nu}{2}(\log\nu - 1) + \frac{7}{12}\log\nu}\, \mathrm{A}i'\left[2\nu^{\frac{2}{3}}(x-1)\right], \tag{10}$$

où $\mathrm{A}i'$ est la dérivée de la première fonction d'Airy.

Pour les zéros u'_n, qui figurent dans la série (5), x est voisin de u_n et ν est voisin de $i\,(k\eta_0^2/2)$, donc de grand module. Les zéros de $\mathrm{A}i'$ (comme ceux de $\mathrm{A}i$) sont tous négatifs et ils forment une suite dénombrable. Au zéro a'_n de $\mathrm{A}i'$ correspond

$$u'_n = \nu'_n - \frac{1}{2} \sim i\frac{k\eta_0^2}{2} - \left(\frac{ik\eta_0^2}{2}\right)^{\frac{1}{3}} a'_n - \frac{1}{2}. \tag{11}$$

$\mathrm{D}'_{u'_n}(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)$ et $(\partial/\partial u)\,\mathrm{D}'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta_0)|_{u=u'_n}$ sont aussi représentés au moyen de la fonction d'Airy et l'on trouve

$$\frac{\mathrm{D}'_{u'_n}(-\sqrt{i.2k}\,\eta_0)}{\sin\pi u'_n\left[\dfrac{\partial}{\partial u}\mathrm{D}'_u(\sqrt{i.2k}\,\eta)\right]_{u=u'_n}} \sim \frac{1}{\pi}\left(\frac{ik\eta_0^2}{2}\right)^{\frac{1}{3}} \frac{1}{a'_n\,\mathrm{A}i^2(a'_n)}. \tag{12}$$

La représentation asymptotique des autres fonctions de Weber qui figurent dans (5) ne nécessite pas de fonction d'Airy.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2385.

(2) A. Erdélyi, M. Kennedy et J. L. Mc Gregor, *J. Rat. Mech. Analysis*, 3, 1954, p. 459-485.

(3, *avenue de la République, Issy-les-Moulineaux, Seine.*)

ÉLECTRONIQUE. — *Mesure et enregistrement de la valeur de crête d'un signal de forme quelconque périodique ou impulsionnel.* Note (*) de MM. **Jean Lagasse, Jean Clot** et **Jean Falipou**, transmise par M. Charles Camichel.

Le principe du dispositif utilisé pour la mesure des tensions de crête a été décrit dans des publications antérieures.

Ce dispositif comprend notamment une capacité haute tension à anneau de garde C (*fig.* 1) en série avec un élément unidirectionnel D assurant le blocage sur la partie utile de celle-ci d'une quantité d'électricité directement proportionnelle à la valeur de crête du signal à mesurer.

Plusieurs méthodes sont utilisables pour mesurer cette quantité d'électricité.

La solution la plus simple consiste en l'emploi d'un galvanomètre balistique, mais elle reste cependant du domaine du laboratoire. De plus, l'appréciation de l'observateur peut être une cause d'erreur importante, en particulier lorsque la mesure est effectuée sur un signal unique.

Enfin la sensibilité forcément limitée de ce type de mesure nécessite l'utilisation d'un condensateur haute tension de valeur relativement élevée parfois incompatible avec la durée du signal à mesurer (perturbation sur le générateur, dans le cas d'une impulsion de très courte durée).

L'utilisation d'un circuit électronique à forte impédance d'entrée représente le cas (*fig.* 2) où la charge à mesurer est transmise à une capacité de forte valeur directement branchée sur la grille d'un tube électromètre. La constante de temps du circuit est telle que la lecture d'un appareil de mesure branché sur l'anode du tube adaptateur est largement facilitée. Ce montage d'emploi commode et de réalisation simple est cependant sujet à des phénomènes de dérive et nécessite en particulier un étalonnage avant chaque série de mesures. Il assure par contre une adaptation facile entre la lecture et un éventuel enregistrement.

L'utilisation d'un circuit de digitalisation des charges consiste à décharger une capacité C_1 (*fig.* 3) ayant emmagasiné la charge bloquée sur l'arma-

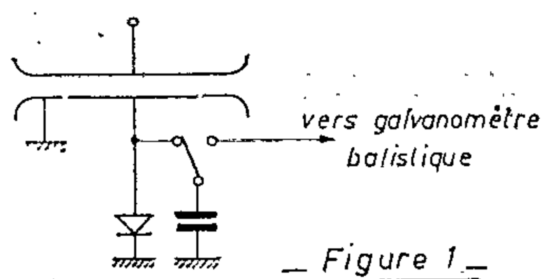


Figure 1

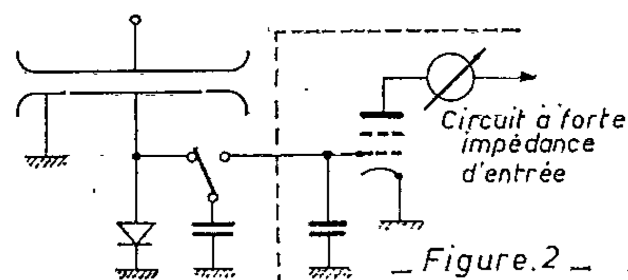


Figure 2

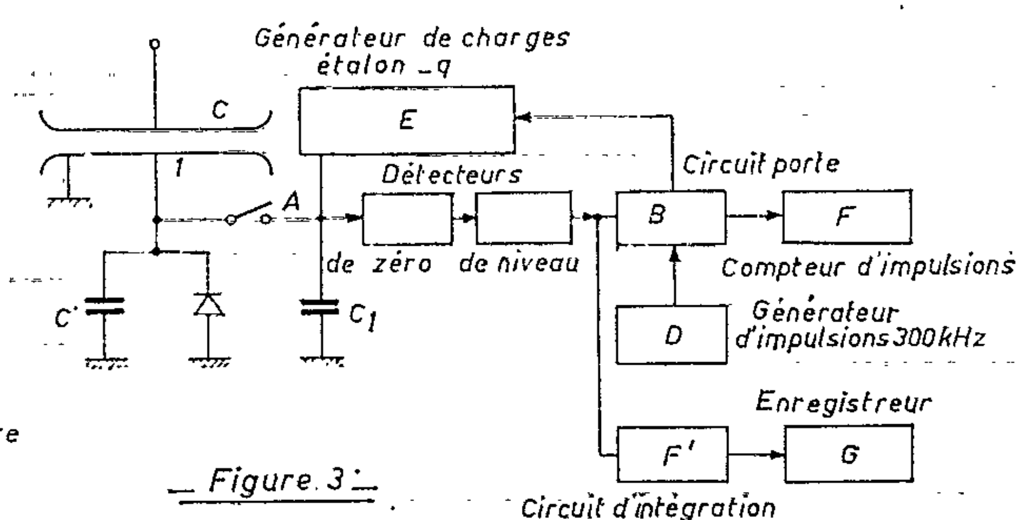


Figure 3

ture 1 du condensateur C, en un grand nombre de décharges partielles q parfaitement dosées. Un détecteur de zéro placé en A provoque l'ouverture du circuit porte (B). Les signaux à 300 kHz issus d'un générateur d'impulsion (D) provoquent la mise en route du circuit de libération des charges étalons (E) qui font décroître la tension au point A jusqu'à l'instant où cette différence de potentiel passe par une valeur nulle, correspondant alors au blocage du circuit porte. La quantité d'électricité sera directement mesurée par le produit nq, c'est-à-dire par une grandeur directement proportionnelle au nombre d'impulsions du compteur (F). En fait, la valeur

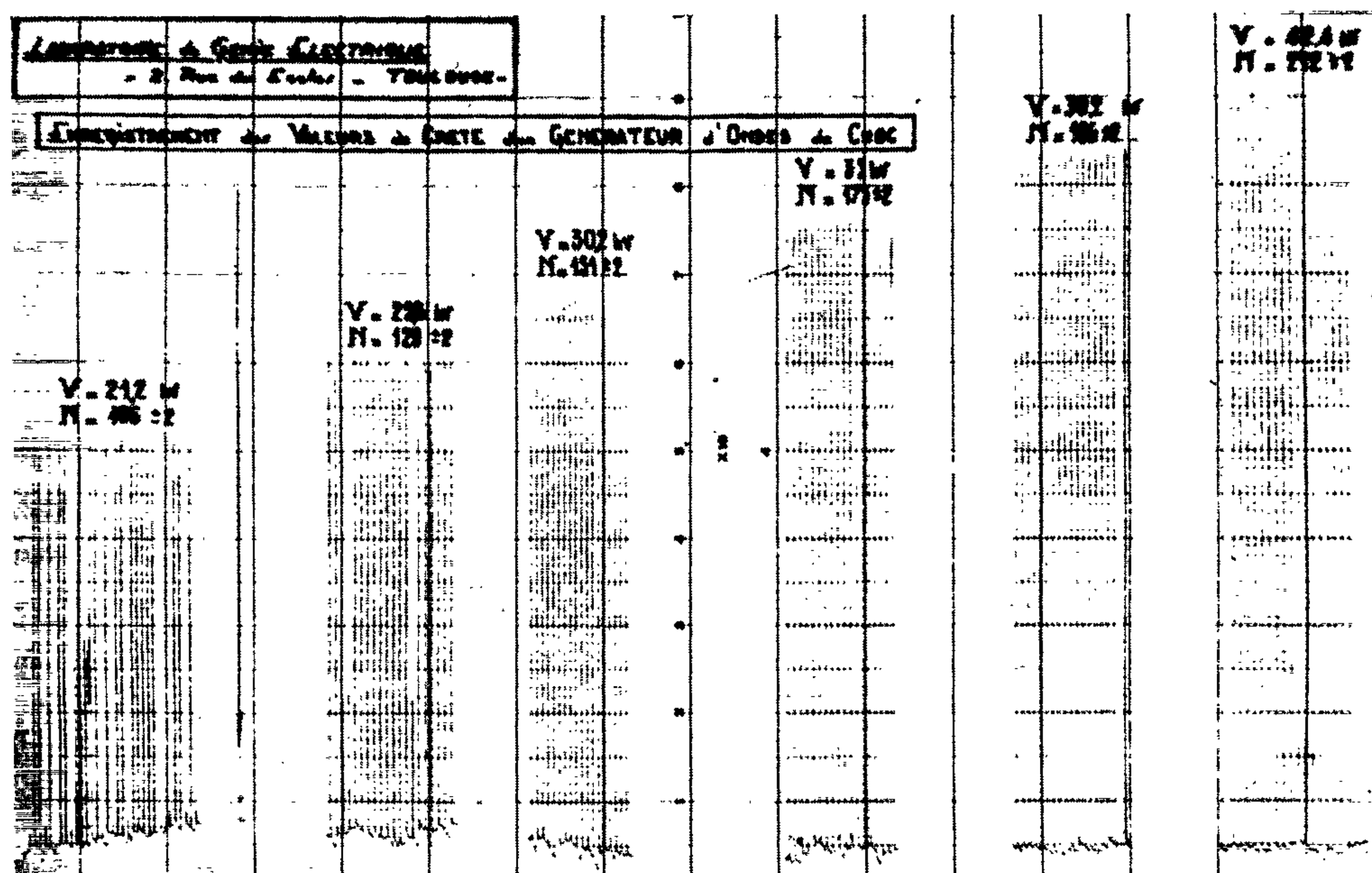


Fig. 4.

de la charge étalon sera choisie pour une correspondance directe entre l'affichage du compteur et la valeur crête du signal haute tension mesuré.

Deux autres procédés sont utilisables pour l'inscription du signal mesuré :

a. Par transcription électromécanique du train d'impulsions libéré par le circuit porte, sur machine à écrire par exemple;

b. Par une méthode d'intégration du signal de commande du circuit porte. En effet, l'intervalle de temps qui sépare les instants d'ouverture et de fermeture de ce circuit est directement proportionnel à la quantité d'électricité mesurée. L'intégration (F′) de ce signal permet, avec un précision moindre, l'inscription du signal sur un enregistreur (G).

La figure 4 donne un exemple de ce genre d'enregistrement.

La hauteur des impulsions est directement donnée en kilovolts, le nombre N donne l'indication lue au compteur.

Cet enregistrement a été obtenu dans les conditions suivantes :
Capacité haute tension (C, *fig.* 1) : 0,49 pF, 50 kV.
Diode de blocage des charges (D) du type mésa F. D. 100.
Fréquence des impulsions : 300 kHz.
Générateur de choc : 0,5 μs/50 μs.

(*) Séance du 12 novembre 1962.
(1) G. GIRALT, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3227.
(2) G. GIRALT et E. KROUK, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 1042.
(3) J. LAGASSE et G. GIRALT, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 78.
(4) Brevet C. N. R. S. n° 1.209.109 et première addition n° 828.802.
(5) J. LAGASSE, G. GIRALT et J. CLOT, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 650.

(*Laboratoire de Génie Électrique de l'Université de Toulouse,*
2, rue des Écoles.)

ÉLECTRONIQUE. — *Calcul de la réponse transitoire à une onde carrée d'un amplificateur à transistors non linéaire.* Note (*) de M. **Igor Gumowski**, transmise par M. Charles Camichel.

Appliquant la méthode de Poincaré à l'équation différentielle-fonctionnelle décrivant le comportement non linéaire d'un amplificateur à transistors, l'auteur met en évidence une solution périodique sous forme d'une série en puissances entière d'un paramètre.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré qu'un amplificateur à transistors du type opérationnel peut être décrit, au moins lorsqu'il fonctionne près de sa limite de stabilité, par l'équation

$$(1)\quad \begin{cases} T_0 u'(t) + u(t) + kH u[t - f(u)] = T_0 V'_e(t) + V_e(t), \\ f(u) = \tau_0 + \tau_1 u(t) + \tau_2 u^2(t) + \ldots, \end{cases}$$

où T_0, kH, τ_0, τ_1, ... sont des constantes réelles. Nous avons également montré ([2]) que lorsque l'amplificateur se trouve dans son « état stable », c'est-à-dire lorsqu'il fonctionne comme amplificateur, et non comme oscillateur synchronisé, pour $V_e(t) = E g(t) = E \sin \omega t$ la solution périodique de (1) peut s'obtenir sous forme de la série

$$(2)\quad u(t) = E u_1(t) + E^2 u_2(t) + \ldots.$$

En particulier, si $\tau_i = 0$, $i > 2$, $\alpha T_0 = 1$ et $\beta T_0 = kH$, l'équation (1) se réduit au système d'équations linéaires

$$(3)\quad \begin{cases} u'_1(t) + \alpha u_1(t) + \beta u_1(t - \tau_0) = g'(t) + \alpha g(t), \\ u'_2(t) + \alpha u_2(t) + \beta u_2(t - \tau_0) = \beta \tau_1 u'_1(t - \tau_0) u_1(t), \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \end{cases}$$

qui peut s'intégrer de proche en proche.

Or, (3) demeure équivalent à (1) lorsque $g(t) = \sin \omega t$ est remplacé par un signal périodique plus compliqué, par exemple par

$$(4)\quad g(t) = \sum_{i=1}^{\infty} (a_i \cos i\omega t + b_i \sin i\omega t).$$

Malheureusement le calcul de la solution (2) de (3) est dans ce cas extrêmement long, et cette méthode est pratiquement inutile, excepté si l'on dispose d'un calculateur arithmétique à très haute vitesse. Cependant, si (4) représente une courbe $g(t) = \sum_i g_i(t)$ analytique par morceaux, et si à la fin de chaque morceau analytique $g_i(t)$ la solution de (1) est stationnaire, c'est-à-dire elle est de la même forme que le régime permanent produit par $g_i(t)$ seul, la solution (2) peut se trouver morceau par morceau à partir des équations équivalentes à (3), mais plus simples.

En effet, supposons que $g(t)$ est une onde carrée symétrique de période 2T suffisamment longue. A la fin de chaque demi-période T la solution stationnaire de (1) sera alors une constante. Puisque (2) représente un régime permanent périodique, pendant la demi-période $0 \leq t \leq T$ la solution (2) sera égale à la « solution analytique privilégiée » [3] de (3), avec $g(t)$ égal à l'échelon unité $h(t)$. Or, nous avons montré [3] que du point de vue de la solution analytique privilégiée, l'expression $u'(t) + \alpha u(t) + \beta u(t-\tau_0)$ est équivalente à l'expression $u'(t) - \gamma u(t)$, à la condition que

$$(5) \qquad 0 < \beta\tau_0 e^{-\alpha\tau_0} < \frac{1}{e}.$$

La constante γ représente en module la plus petite racine de l'équation caractéristique

$$(6) \qquad \gamma + \alpha + \beta e^{-\gamma\tau_0} = 0,$$

et elle est réelle et négative lorsque (5) est satisfaite. Le système (3) se réduit alors à

$$(3\,a) \qquad \begin{cases} u'_1(t) - \gamma u_1(t) = h'(t) + \alpha h(t), \\ u'_2(t) - \gamma u_2(t) = \beta\tau_1 u'_1(t-\tau_0)\, u_1(t), \\ u'_3(t) - \gamma u_3(t) = \beta\tau_1 u'_2(t-\tau_0)\, u_1(t) - \frac{1}{2}\beta\tau_1^2 u''_1(t-\tau_0)\, u_1^2(t) \\ \qquad\qquad + \beta u'_1(t-\tau_0)\,[\tau_1 u_2(t) + \tau_2 u_1^2(t)], \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots, \end{cases}$$

et les conditions aux limites

$$(3\,b) \qquad u_1(0) = 1, \qquad \lim_{t\to\infty} u_1(t) = \alpha, \qquad u_i(0) = \lim_{t\to\infty} u_i(t) = 0 \qquad (i > 1).$$

Tenant compte du fait que $h'(t)$ représente la mesure de Dirac, on obtient d'abord

$$(7) \qquad u_1(t) = \alpha + (1-\alpha)\, e^{\gamma t}.$$

Posant $\alpha_1 = 1 - \alpha$, $\delta = e^{-\gamma\tau_0}$, $\alpha_2 = \beta\alpha\alpha_1\delta\gamma\tau_1$ et $\beta_2 = \beta\alpha_1^2\delta$, ce résultat permet d'écrire

$$(8) \qquad u_2(t) = (\alpha_2 t - \beta_2)\, e^{\gamma t} + \beta_2 e^{2\gamma t}.$$

Substituant (7) et (8) dans le second membre de la troisième équation de (3 a) on obtient

$$(9) \qquad u'_3(t) - \gamma u_3(t) = [(a_1 + b_1 t)\, e^{\gamma t} + (a_2 + b_2 t)\, e^{2\gamma t} + a_3 e^{3\gamma t}],$$

où

$$b_1 = \alpha\alpha_2\gamma\tau_1, \qquad b_2 = 2\alpha_1\alpha_2\gamma\tau_1, \qquad \beta_0 = \alpha_2 - \beta_2\gamma - \alpha_2\gamma\tau_0,$$
$$a_1 = \alpha\left(\alpha\alpha_1\gamma\tau_2 + \beta_0\tau_1 - \frac{1}{2}\alpha\alpha_1\gamma^2\tau_1^2\right),$$
$$a_2 = \alpha_1\gamma(2\alpha\alpha_1\tau_2 - \beta_2\tau_1) + \alpha_1\beta_0\tau_1 + 2\alpha\beta_2\gamma\delta\tau_1 - \alpha\alpha_1^2\gamma^2\tau_1^2,$$
$$a_3 = \gamma\left(\alpha_1^3\tau_2 + \alpha_1\beta_2\tau_1 + 2\alpha_1\beta_2\delta\tau_1 - \frac{1}{2}\alpha_1^3\gamma\tau_1^2\right).$$

Par conséquent, compte tenu de (3 b),

$$(10)\quad u_3(t) = \left[\left(a_1 t + \frac{1}{2} b_1 t^2 - \frac{2a_2 + a_3}{2\gamma} - \frac{b_2}{\gamma^2}\right) e^{\gamma t} + \gamma^{-2}(a_2\gamma + b_2 + b_2\gamma t)\, e^{2\gamma t} + \frac{a_3}{2\gamma} e^{3\gamma t}\right].$$

Notons pour terminer que le point $t = 0$ de (2) ne coïncide pas avec celui de $h(t)$, mais se trouve retardé d'une quantité : $\tau = \tau_0 + \tau_1 E + \tau_2 E^2$.

Pour obtenir $u(t)$ pour la demi-période $-T \leqq t \leqq 0$, il suffit de remplacer E par $-$E.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) I. Gumowski, J. Lagasse et Y. Sevely, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1995.

(2) I. Gumowski, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 4322.

(3) I. Gumowski et M. Clergue, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1522.

(*Département de Génie Électrique, Faculté Laval, Québec, Canada.*)

PHYSIQUE DES PLASMAS. — *Mise en évidence d'une interaction entre deux faisceaux s'interpénétrant dans un champ magnétique.* Note (*) de

MM. **Claude Étiévant** et **Mario Perulli**, présentée par M. Francis Perrin.

Un mécanisme d'instabilité au voisinage de la demi-fréquence cyclotronique a été mis en évidence dans un système de deux faisceaux d'électrons s'interpénétrant dans un champ magnétique. Ce mécanisme est différent de la classique interaction double faisceau. Il correspond au couplage de l'onde lente de charge d'espace d'un faisceau avec l'onde cyclotronique rapide de l'autre. La géométrie finie [1] rend possible ce couplage car le champ électrique de charge d'espace possède nécessairement une composante radiale. La symétrie du système conduit à la formation d'ondes stationnaires.

L'étude qui suit porte sur la stabilité d'un système de deux faisceaux non relativistes opposés s'interpénétrant dans un champ magnétique (*fig.* 1). Cette situation diffère de celle étudiée par Kofoid [2] par la présence du champ magnétique et l'absence de plasma statique.

Avec les hypothèses suivantes : chaque faisceau est monocinétique (température nulle, vitesses égales et de signe contraire); une paroi métallique entoure le système (rayon a); on ne traite que les ondes lentes : hypothèse « quasi statique » (ce qui suppose : vitesse de phase $\ll c$ et a $a < c/\omega$).

L'équation de dispersion prend la forme suivante [3] :

$$(1)\qquad P_{n\nu}^2\left[1+\frac{\omega_p^2}{\omega_{ce}^2-(\omega-KU)^2}+\frac{\omega_p^2}{\omega_{ce}^2-(\omega+KU)^2}\right] + K^2a^2\left[\frac{\omega_p^2}{(\omega-KU)^2}-\frac{\omega_p^2}{(\omega+KU)^2}\right]=0,$$

avec les notations suivantes : $P_{n\nu}$, zéro de la fonction de Bessel J_ν; ω_p, fréquence « plasma » de chaque faisceau; ω_{ce}, fréquence cyclotron des électrons; $\pm KU$, déplacement des fréquences par l'effet Doppler lié au mouvement des faisceaux.

Cette équation montre qu'une instabilité non convective doit se développer au voisinage de la fréquence $\omega = (\omega_{ce} - \omega_p)/2$. Dans le dispositif utilisé :

$$\omega_p \ll \omega_{ce}, \qquad \text{d'où} \qquad \omega \simeq \frac{\omega_{ce}}{2}.$$

Cette instabilité peut être interprétée comme le résultat d'un couplage entre l'onde cyclotronique rapide d'un faisceau avec l'onde lente de charge d'espace de l'autre faisceau.

L'hypothèse de température nulle suppose réalisée la condition $KV_{th} \ll \omega_p$ (V_{th}, vitesse thermique des faisceaux). Dans le cas contraire l'onde lente de charge d'espace associée à chaque faisceau subira un amortissement Landau appréciable et l'interaction prévue ne sera plus possible. Il en résulte une limite maximale du champ magnétique définie par

$$(2)\qquad \sqrt{\frac{E_{th}}{E}} = \frac{V_{th}}{U} \simeq \frac{2\omega_p}{\omega_{ce}}.$$

Résultats expérimentaux. — Le dispositif expérimental a été décrit précédemment ([4]).

Pour des énergies électroniques comprises entre 600 et 4 000 V, une très forte interaction s'est manifestée dans le système double faisceau à une fréquence très sensiblement égale à $(\omega_{ce} - \omega_p)/2$. La figure 2 représente

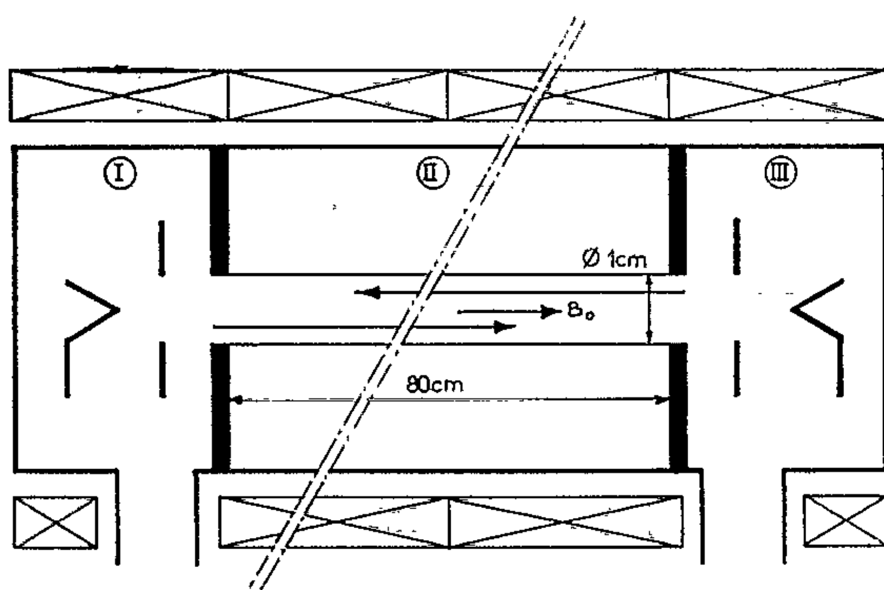




Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1. — Schéma du dispositif expérimental.

Fig. 2. — Analyse du spectre au voisinage de $(\omega_{ce} - \omega_p)/2$.
Fréquence centrale : 290 Mc; dispersion : 20 Mc.
Puissance reçue : 5 mW; $\omega_{ce} = 612$ Mc, $\omega_p = 30$ Mc.

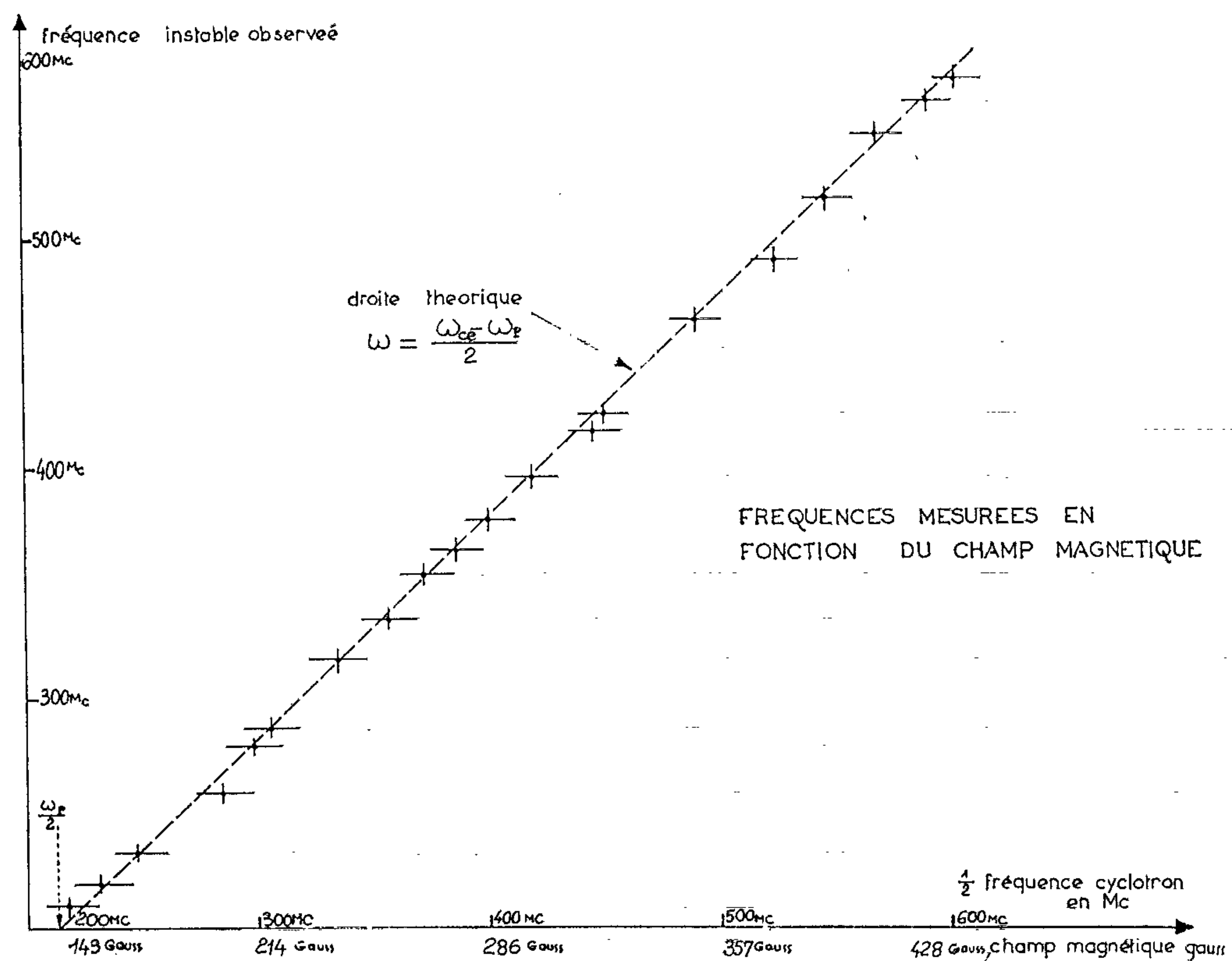


Fig. 3.

la raie obtenue à cette fréquence sur l'écran de l'analyseur de spectre pour un champ magnétique B = 218 gauss. La figure 3 représente la variation de cette fréquence dans le domaine des champs magnétiques où il a été possible de produire cette interaction. La limite inférieure de ce domaine correspond au champ magnétique minimal permettant de confiner les faisceaux de façon satisfaisante. Au delà de la limite supérieure l'interaction n'est plus visible. Il est possible d'évaluer à partir de (2) la fréquence maximale permettant aux longueurs d'onde d'être assez grandes pour que l'onde lente de charge d'espace ne subisse pas d'amortissement appréciable. Sur un faisceau seul nous avons mesuré la « température » à l'aide d'un analyseur d'énergie ([4]). Il a été trouvé $E_{th} \# 10\,eV$ (en l'absence d'interaction). Dans ces conditions, pour un faisceau de 4 keV, et possédant une fréquence « plasma » $F_p = 30$ Mc, la fréquence maximale observable serait 600 Mc, valeur sensiblement égale à la limite observée dans nos mesures. Il est donc permis de penser que la disparition de l'instabilité au-delà de 600 Mc dans cette expérience peut être attribuée à un fort amortissement « Landau » de l'onde de charge d'espace dans le domaine des petites longueurs d'onde.

Conclusions. — Les fréquences d'interaction apparues dans cette expérience sont en accord avec les valeurs théoriques et le domaine d'existence de l'instabilité correspond au domaine où les faisceaux peuvent être considérés comme froids.

Ce mécanisme suggère deux applications possibles : un nouveau tube hyperfréquence dont la principale propriété serait d'osciller à une fréquence dépendant linéairement du champ magnétique; la capture d'électrons dans une configuration à miroirs. Il s'agit en effet d'un mécanisme de conversion d'énergie parallèle en énergie perpendiculaire aux lignes de champ.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

([1]) En milieu infini le même résultat peut être prévu à condition de faire intervenir les effets dus à la propagation oblique.

([2]) Kofoid, *C. R. Conf. int. Salzbourg*, 3, 1961, p. 169.

([3]) Trivelpiece et Gould, *J. Appl. Phys.*, 30, 1959, p. 1784.

([4]) C. Étiévant et M. Perulli, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 855.

OPTIQUE. — *Utilisation des déphasages introduits lors de la réflexion totale pour l'étude de couches minces faiblement absorbantes.* Note (*) de Mlle **Claude Bazin**, présentée par M. Jean Lecomte.

On indique les formules exactes destinées à calculer les déphasages lors de la réflexion totale au passage couche-air. Formules approchées, dans le cas où l'absorption est faible.

Dans une Note précédente [1], nous avions indiqué qu'on trouve un avantage à utiliser la réflexion totale pour la mise en évidence de très faibles absorptions dans des couches minces d'indice $n - ik$ ($k \ll 1$). Nous y avions indiqué que les valeurs des facteurs de réflexion peuvent être nettement inférieures à l'unité, et qu'elles dépendent de la valeur de k et de l'épaisseur. Nous allons montrer maintenant que, dans les mêmes conditions, le déphasage par réflexion, δ, est pratiquement indépendant de k.

Formules. — Rappelons que les notations sont les suivantes :

n_0, indice du premier milieu (prisme);

n_s, indice du dernier milieu (air);

φ_0, angle d'incidence dans le premier milieu.

L'expression générale de $\operatorname{tg}\delta$, pour une couche absorbante, en incidence normale, a déjà été donnée [2]. En tenant compte des modifications introduites par l'incidence oblique, nous obtenons

$$\operatorname{tg}\delta = \frac{ace^{q\gamma} - bce^{-q\gamma} + 2r\cos p\gamma + 2s\sin p\gamma}{ade^{q\gamma} + bde^{-q\gamma} + 2t\cos p\gamma + 2u\sin p\gamma}.$$

Pour la vibration perpendiculaire au plan d'incidence, nous avons

$$Y_0 = n_0\cos\varphi_0; \qquad (p - iq)^2 = (n - ik)^2 - n_0^2\sin^2\varphi_0;$$

$$\alpha^2 = n_0^2\sin^2\varphi_0 - n_s^2; \qquad \gamma = \frac{4\pi d}{\lambda};$$

$$\begin{aligned} a &= p^2 + (q + \alpha)^2, & c &= 2Y_0 q, \\ b &= p^2 + (q - \alpha)^2, & d &= Y_0^2 - p^2 - q^2, \\ r &= 4Y_0 p^2 \alpha, & t &= (Y_0^2 + p^2 + q^2)(p^2 + q^2 - \alpha^2), \\ s &= -2Y_0 p(p^2 + q^2 - \alpha^2), & u &= 2p\alpha(Y_0^2 + p^2 + q^2). \end{aligned}$$

Pour la vibration parallèle, on effectue les substitutions suivantes :

$$Y_0 \to Z_0 = \frac{n_0}{\cos\varphi_0}; \qquad p - iq \to A - iB = \frac{(n - ik)^2}{p - iq};$$

$$\alpha \to \beta = \frac{n_s^2}{\alpha},$$

sauf dans les termes trigonométriques et exponentiels.

Dans l'étude des facteurs de réflexion, nous avons donné des expressions simplifiées de $R_\perp$ et $R_\parallel$, obtenues en développant les fonctions exponentielles et en nous limitant aux termes du premier ordre en q. Un calcul identique

pour le déphasage conduit à l'expression suivante pour $\operatorname{tg}\delta_{\perp}$:

$$\operatorname{tg}\delta_{\perp} = \frac{4Y_0 p^2 \alpha \cos p\gamma - 2Y_0 p(p^2 - \alpha^2)\sin p\gamma}{(Y_0^2 - p^2)(p^2 + \alpha^2) + (Y_0^2 + p^2)(p^2 - \alpha^2)\cos p\gamma + 2p\alpha(Y_0^2 + p^2)\sin p\gamma}.$$

L'expression de $\operatorname{tg}\delta_{\parallel}$ est obtenue en effectuant les substitutions déjà indiquées.

Ces deux expressions ne font pas intervenir q. Il en résulte que l'absorption est, en première approximation, sans influence sur le déphasage. Nous allons examiner cette question de plus près, en utilisant les formules exactes.

Résultats des calculs numériques. — Les données numériques sont identiques à celles utilisées pour les calculs des facteurs de réflexion :

$$n = 1{,}36 \text{ et } 2{,}3, \quad k = 0,\ 0{,}001 \text{ et } 0{,}01, \quad \varphi_0 = 45,\ 60 \text{ et } 75^\circ;$$
$$n_0 = 1{,}5, \quad n_s = 1.$$

Les calculs, effectués avec les données précédentes, ont montré que les variations du déphasage, avec l'épaisseur de la couche, étaient pratiquement indépendantes de k pour des épaisseurs allant jusqu'à $\gamma = 20$. Nous allons donner quelques résultats numériques.

Pour $n = 2{,}3$, $\varphi_0 = 60^\circ$, les différences, entre les valeurs du déphasage pour k égal à 0,01 et 0 et des γ identiques, sont au maximum de 4° pour $\delta_{\perp}$, et de 8 mn pour $\delta_{\parallel}$. Nous noterons que ces différences n'augmentent pas régulièrement avec l'épaisseur de la couche, et que les valeurs précédentes correspondent à des valeurs absolues. Les mêmes remarques peuvent être faites pour $k = 0{,}01$ et 0,001.

Les résultats des calculs numériques sont donc en bon accord avec la formule simplifiée donnée au paragraphe précédent. Ils montrent bien que l'absorption reste sans influence sur le déphasage.

Remarques. — Ces résultats apparaissent entièrement différents de ceux trouvés dans l'étude des facteurs de réflexion, où les variations introduites par l'absorption sont très grandes. Nous avons ici un exemple, entre autres, d'application d'un principe général, variable pour les systèmes de couches minces, et d'après lequel, lorsque les variations d'amplitude en fonction d'un paramètre sont rapides, les variations de la phase correspondante se montrent lentes et réciproquement. Dans le cas présent, les variations de l'amplitude réfléchie, en fonction de k, sont rapides, ce qui a comme contrepartie une variation très lente des déphasages par réflexion en fonction du même paramètre.

On pourrait, en principe, déterminer n et γ à partir de la mesure de $\delta_{\perp}$ et $\delta_{\parallel}$, pour une incidence donnée. En fait, on constate que les erreurs de mesure exercent une grande influence sur n et γ.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) F. Abelès et C. Bazin, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2310.

(2) F. Abelès, *Ann. Phys.*, 5, 1950, p. 706.

(*Institut d'Optique, théorique et appliquée, Paris.*)

SPECTROPHOTOMÉTRIE. — *Étude de la transmission de la lumière par des suspensions de grosses particules colorées.* Note (*) de M. **Henri Atlan**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Dans la transmission de la lumière par les suspensions de grosses particules colorées, il y a une interaction mutuelle et complexe de l'absorption vraie par le colorant et de la diffusion asymétrique. Une relation formelle permet d'en rendre compte dans certaines conditions expérimentales.

Si nous comparons les courbes d'absorption d'une solution homogène d'hémoglobine (1) et d'une suspension de globules rouges (2) contenant dans le même volume, la même quantité d'hémoglobine (Hb), nous constatons que les deux courbes se croisent : tout se passe comme si l'association d'absorption vraie par le pigment intraparticulaire et de diffusion sur les particules, réalisée par une telle suspension, avait comme résultat une absorption apparente plus élevée que celle du pigment en solution, comme il est normal, dans les régions de faible absorption de ce corps, mais paradoxalement moins élevée dans les régions de forte absorption sélective (bande de Soret), alors que la concentration en hémoglobine dans la solution et dans les globules est la même. Des séries d'expériences dont le but était de supprimer dans la lumière transmise, celle qui l'était par diffusion en avant (courbe 3) ont montré que

1° le croisement des courbes disparaît dans ces conditions; il est donc dû, au moins en partie au fait que la diffusion antérieure est largement prédominante et arrive à compenser l'absorption dans la région de la bande de Soret;

2° les pics d'absorption de la suspension sont aplatis dans tous les cas par rapport aux pics homologues de la solution d'Hb.

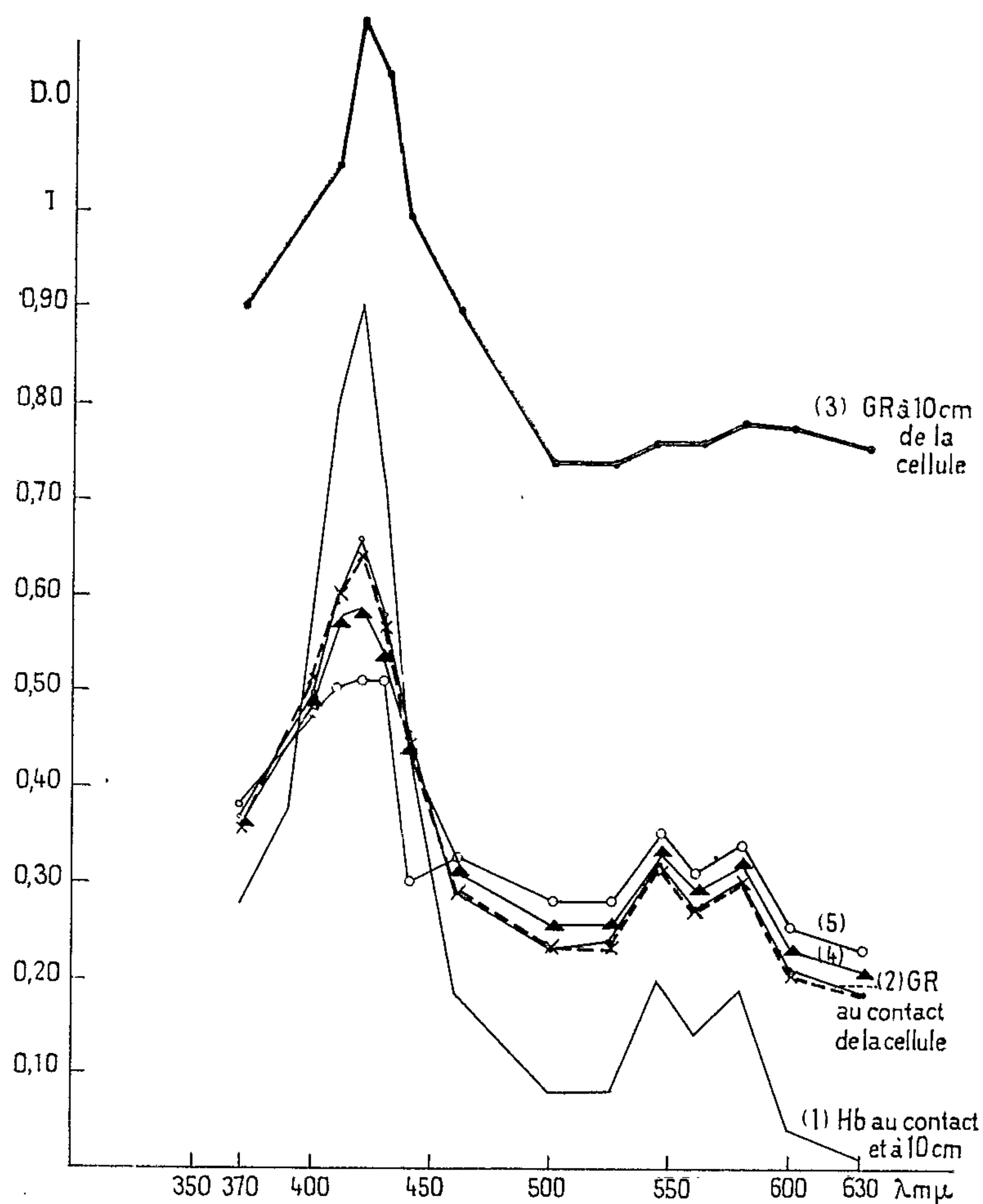
Cela nous a conduit à proposer l'interprétation suivante : la même quantité de pigment concentrée dans des grains de quelques microns, absorbe moins de lumière que lorsqu'elle est en solution homogène, au sens de l'absorption vraie; cette diminution d'absorption est liée au pouvoir diffusant des grains et au pouvoir absorbant du pigment. *Inversement* la diffusion par les grains se fait d'autant plus vers l'avant (c'est-à-dire que l'absorption apparente par diffusion diminue d'autant) que le pouvoir absorbant du pigment est plus grand, ceci pouvant s'expliquer par le phénomène de la dispersion anormale.

C'est en partant de ces considérations que nous avons tenté d'élaborer une théorie de l'absorption de la lumière par des grosses particules colorées en modifiant la théorie de Schuster déjà adaptée par A. Dognon et P. Suquet [1]. En désignant par A le flux parfaitement diffusé tombant sur une couche élémentaire dx d'arrière en avant, et B le flux tombant d'avant en arrière; par μ le coefficient d'absorption qui caractériserait un

milieu limpide contenant la même masse du pigment par unité de volume mais dans lequel ce pigment serait réparti de façon homogène; par k'' le coefficient d'absorption apparente par diffusion en n'envisageant que la diffusion sous l'angle 2π en arrière; nous pouvons écrire

$$\frac{dA}{dx} = -\mu A - k''A + p\mu k''A + k''B - p\mu k''B.$$

Le terme $p\mu k''A$, où p est un facteur de proportionnalité traduit à la fois une diminution de l'absorption μA, proportionnelle à k'' et une diminution de l'absorption apparente par diffusion $k''A$, proportionnelle à μ.



C'est donc ce terme $p\mu k''A$ qui traduit une augmentation de la diffusion en avant (puisqu'il traduit une variation positive de A) en même temps qu'une diminution de l'absorption vraie μA.

De même

$$\frac{dB}{dx} = \mu B + k''B - p\mu k''B - k''A + p\mu k''A.$$

Nous avons déterminé p expérimentalement et l'avons trouvé égal à 1.
Après intégration, avec les conditions aux limites $B = 0$ pour $x = 0$, $A = \Phi_0$, flux incident, pour $x = -l$ (l étant l'épaisseur de la cuve contenant la suspension) et $A = \Phi_l$, flux transmis immédiatement après traversée de la cuve, pour $x = 0$, nous obtenons en définitive :

$$\frac{\Phi_0}{\Phi_l} = \operatorname{ch} l\sqrt{\mu(\mu + 2k'' - 2\mu k'')} + \frac{\mu + k'' - \mu k''}{\sqrt{\mu(\mu + 2k'' - 2\mu k'')}} \operatorname{sh} l\sqrt{\mu(\mu + 2k'' - 2\mu k''}$$

On voit que pour $\mu = 0$ nous retrouvons la formule

$$\frac{\Phi_0}{\Phi_l} = 1 + k''l$$

qui correspond à la formule connue de Langevin :

$$\frac{\Phi_0}{\Phi_l} = 1 + \frac{k'}{2}l, \qquad \text{où} \quad k'' = \frac{k'}{2}.$$

La formule précédente permet de calculer Φ_0/Φ_l et de comparer les valeurs calculées pour différentes λ aux valeurs expérimentales. Pour ces calculs μ est tiré de la densité optique de la solution d'Hb pour chaque λ, par la relation $\mu = 2{,}3$ (D. O./l), d'après la définition même de μ. k'' est donné par la relation $\Phi_0/\Phi_l = 1 + k''l$, où Φ_0/Φ_l est tiré de la densité optique de la suspension pour les valeurs de λ où $\mu = 0$ c'est-à-dire pour 630 mμ et au-dessus.

Nous voyons que les valeurs calculées (courbe en pointillé) sont assez proches des valeurs expérimentales pour que nous acceptions la formule comme valable dans les limites de λ et de concentrations étudiées, et dans des contitions expérimentales telles que la cellule réceptrice est immédiatement au contact de la cuve de mesure.

Par ailleurs, à l'aide de cette formule nous pouvons interpréter facilement les modifications du spectre d'absorption des suspensions de globules rouges signalées par Kuroda et Mishiro (2), lors d'une transformation sphérique des globules rouges. Ces auteurs observent une augmentation de l'absorption dans les grandes valeurs de λ et une diminution dans les courtes valeurs de λ, où se trouve la bande de Soret. Or nous obtenons des résultats analogues par le calcul de Φ_0/Φ_l, si dans notre formule nous donnons des valeurs plus élevées à k'' (courbes 4 et 5). Nous pouvons donc très facilement rapporter le phénomène de Kuroda et Mishiro à l'augmentation de la surface des hématies qui accompagne leur transformation sphérique, et qui augmente leur pouvoir diffusant, donc le coefficient k''.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

(1) A. Dognon et P. Suquet, *J. Chim. phys.*, 1957, p. 815.

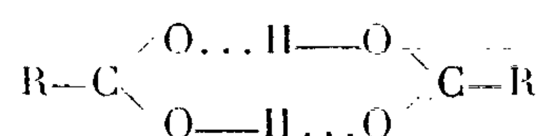
(2) K. Kuroda et Y. Mishiro, *Tokushima J. Exper. Med.*, 1, n° 3, 1954.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Étude de la liaison hydrogène dans les substances organiques par spectrométrie dans l'infrarouge lointain. Considérations préliminaires.* Note (*) de M. **Vincenzo Lorenzelli**, présentée par M. Jean Lecomte.

Quand deux molécules forment un complexe par liaison hydrogène, trois degrés de liberté de translation et trois de rotation deviennent des degrés de vibration du nouvel édifice. Une de ces vibrations, qu'on peut appeler en général ν, correspond à une tension O...O, les autres étant des déformations, parce que chacune d'entre elles comporte quelque variation d'orientation par rapport à la direction de la liaison hydrogène.

I. O. Halford [1] semble avoir été le premier à donner, par des considérations thermodynamiques, une valeur approximative de la constante de force de la liaison d'association dans les acides formique et acétique. En s'appuyant sur la valeur de la constante obtenue ($k = 4.10^4$ dynes/cm), il proposa d'attribuer, à la vibration ν_s du dimère, la bande vers 200 cm^{-1}, trouvée par différents auteurs [2] dans les spectres Raman de l'acide formique liquide.

Dans le cas des dimères cycliques des acides organiques, en admettant pour la molécule double une symétrie plane D_{2h} (avec les atomes d'hydrogène au centre des liaisons), on peut distinguer les vibrations suivantes : ν_s (A_g, R); δ (A_g, R) ; ν_{as} (B_u, I. R.) ; γ_1 (A_u, I. R.) ; γ_2 (A_u, I. R.) ; γ_3 (B_g, R) [R, vibration active dans l'effet Raman; I. R., vibration active dans l'absorption infrarouge] :



Il y a donc deux vibrations ν, dont l'une totalement symétrique (ν_s), active en Raman, et l'autre antisymétrique (ν_{as}), active en infrarouge, dans un domaine de fréquences aujourd'hui assez accessible, tandis que les oscillations de déformation devraient se placer dans l'infrarouge de plus grande longueur d'onde. Les fréquences correspondant aux différentes vibrations ont été calculées par T. Miyazawa et K. S. Pitzer [3] pour les acides formique et acétique, à partir des données partielles du spectre infrarouge et Raman. Plus récemment, W. Maier et O. Schiffendecker [4] ont fait des attributions partielles pour l'acide benzoïque.

Dans le cas, assez fréquent, de liaisons hydrogène intramoléculaires, ce sont des oscillations fondamentales correspondant, dans la molécule libre, aux groupes intéressés à la liaison même qui acquièrent une signification différente, analogue à ce qu'on vient de voir pour les liaisons intermoléculaires, quand la liaison hydrogène se forme.

Jusqu'à présent, on remarque un manque presque total d'études expérimentales dans la littérature scientifique sur ces sujets. Les raisons sont sans doute à rechercher dans les difficultés, liées à l'étude des basses fréquences, soit par spectrographie de diffusion, soit surtout par spectrométrie d'absorption dans l'infrarouge.

A notre connaissance seul Hadži ([5]) a publié récemment quelques résultats obtenus, dans la région au-delà de 50 μ, sur un certain nombre de composés minéraux ferroélectriques contenant des liaisons hydrogène.

Pour cette raison nous avons entrepris l'étude, dans l'infrarouge lointain, d'un certain nombre de substances organiques liquides et solides, en utilisant un appareil récemment mis au point ([6]), qui nous permet d'étudier, dans de bonnes conditions énergétiques, la région du spectre entre 20 et 170 μ. Les premiers résultats obtenus concernent les corps rassemblés dans le tableau suivant.

TABLEAU I.

Liaison O...H—O	Liquides :	$HCOOH$, CH_3COOH, CH_3OH, C_2H_5OH, acide propionique, aldéhyde salicylique
	Solides :	Acide benzoïque, acide salicylique, acide oxalique, acide malonique, acide succinique, acide adipique, acide maléique, acide fumarique, acide tartrique, pyrocatéchine, résorcine, hydroquinone, érythritol
» N—H...O		Urée, glycocolle
» N—H...S		Thiourée

L'interprétation des spectres, dont nous disposons, est actuellement en cours, mais pour distinguer, dans le cas des solides, les fréquences attribuables à la liaison hydrogène de celles correspondant aux vibrations internes de la molécule ou à des vibrations réticulaires de basse fréquence, une comparaison est nécessaire avec les spectres des mêmes dérivés deutérés, dont par suite nous allons entreprendre l'étude. Une autre possibilité consiste à étudier nos produits aussi en solution diluée, mais les difficultés expérimentales semblent ici très grandes, parce que la faible transmission, dans l'infrarouge lointain, des solvants utilisables, ne permet pas l'utilisation de fortes épaisseurs.

En général, on peut remarquer que tous les corps étudiés montrent des bandes souvent nombreuses dans notre région, qui ne correspondent sûrement pas toutes à des vibrations fondamentales internes des molécules libres. Dans certains cas, la complexité des spectres est sans doute accrue par l'existence de différents types de liaisons.

Nous espérons établir une relation expérimentale entre la distance d'équilibre O...O et la fréquence de l'oscillation de tension O...O. Une relation de ce type a été obtenue par C. Reid ([7]), grâce à un traitement semi-empirique de la liaison hydrogène. Nos résultats permettront peut-

être d'évaluer l'influence de la masse du reste de la molécule sur les oscillations propres de la liaison hydrogène. Il nous semble important de mettre en évidence que ce travail préliminaire pourrait ensuite s'étendre à l'étude des mécanismes de liaison responsables de l'absorption des liquides et des gaz par les solides. Les effets d'absorption sont d'une importance exceptionnelle, étant à la base de beaucoup d'opérations techniques et jouant probablement aussi un rôle dans les systèmes biologiques.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) I. O. HALFORD, *J. Chem. Phys.*, 14, 1946, p. 395.
(2) J. T. EDSALL, *J. Chem. Phys.*, 4, 1937, p. 1; K. W. F. KOHLRAUSCH, F. KOPPL et A. PONGRATZ, *Z. Physik. Chem.*, 21 B, 1933, p. 242.
(3) T. MIYAZAWA et K. S. PITZER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 81, 1959, p. 74.
(4) W. MAIER et O. SCHIFFENDECKER, *Spectr. Acta*, 18, 1962, p. 709.
(5) D. HADZI, *J. Chem. Phys.*, 34, 1961, p. 1445.
(6) V. LORENZELLI, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1017.
(7) C. REID, *J. Chem. Phys.*, 30, 1959, p. 182.

(Laboratoire de Recherches physiques, Département Infrarouge, Sorbonne.)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude de la distribution angulaire des particules α produites par la réaction de noyaux de lithium 6 projetés sur des noyaux de lithium 6.* Note (*) de Mlle **Mireille Coste**, présentée par M. Francis Perrin.

Nous avons étudié la distribution angulaire des particules α de la réaction $^6Li + {}^6Li \rightarrow \alpha + {}^8Be$ associées au noyau de ^8Be dans son état fondamental. Cette distribution présente un pic très net à 90°.

Les ions lithium sont accélérés par le Van de Graaff de 2 MeV de Saclay. L'analyse des traces de particules α de la réaction $^6Li + {}^6Li \rightarrow \alpha + {}^8Be$, effectuée par Coste et Marquez (1), a montré que le groupe de particules α associées à ^8Be dans son état de 20 MeV est émis avec une grande intensité. Le fait que cet état de 20 MeV de ^8Be soit formé avec une intensité nettement supérieure à celle des autres états confirme l'idée de Temmer (2) suivant laquelle cet état possède la configuration ($^6Li + d$). A. Garin (3) a étudié le rapport Γ_p/Γ_α correspondant à la désexcitation du niveau de 20 MeV de ^8Be par émission de protons ou de particules α; la valeur trouvée pour ce rapport est la suivante : $\Gamma_p/\Gamma_\alpha = 1,64$. D'autre part, par spectroscopie γ, Coste et al. (4) ont observé deux raies très intenses de 478 et 431 keV attribuées aux nuclides ^7Li et ^7Be formés dans leur premier état excité. Il semble que ces deux nuclides, formés avec la même intensité, proviennent du niveau de 20 MeV de ^8Be par émission d'un proton ou d'un neutron.

Afin d'obtenir des renseignements plus précis sur le mode d'interaction des ions ^6Li et ^6Li, nous avons entrepris l'étude des distributions angulaires des particules α de la réaction $^6Li + {}^6Li \rightarrow \alpha + {}^8Be$. Les résultats exposés dans cette Note concernent la distribution angulaire des particules α associées à ^8Be dans son état fondamental. Les collaborateurs d'Allison (5) ont d'ailleurs observé ce groupe α_0 dont l'intensité est faible.

Pour étudier la distribution angulaire des α_0, nous avons disposé 18 plaques nucléaires Ilford C_2 de 100 μ dans la chambre à irradiations, par intervalle angulaire de 8°, entre 26 et 168°. Les plaques ont été développées de façon à différencier les traces de particules α de celles des protons. Les intensités observées dans le système du laboratoire ainsi que les intensités dans le système du centre de masse sont notées dans le tableau I.

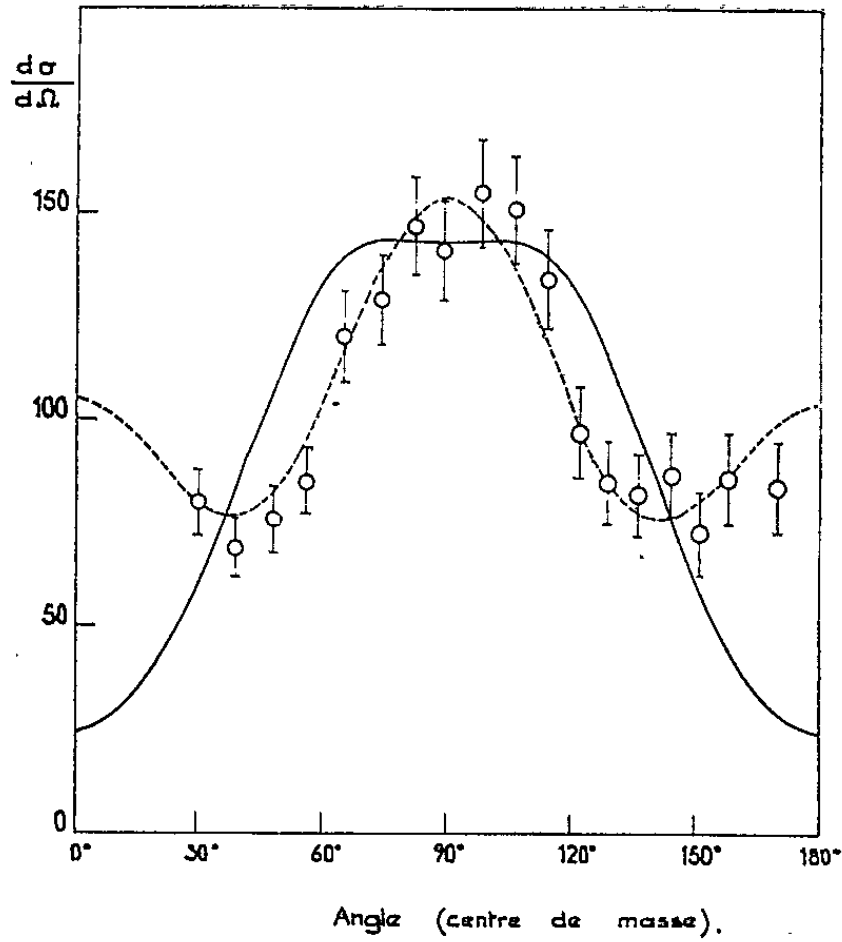
Les points expérimentaux qui déterminent la distribution angulaire du groupe α_0 dans le système du centre de masse sont représentés sur la figure. On remarque qu'ils sont symétriques par rapport à 90°, comme on pouvait le prévoir, et un pic apparaît nettement à 90°. Nous n'avons pas fait d'analyse théorique de ces résultats car, dans le mécanisme d'interaction directe considéré, il faudrait tenir compte d'une forte distorsion des ondes. Néanmoins, nous avons essayé d'analyser nos résultats d'une

TABLEAU I.

E(^{6}Li) = 1,8 MeV (lab.).

ψ(lab.).	I(lab.).	θ(centre de masse).	I(centre de masse).
26	102	30	80
34	86	39	69
42	93	48	76
50	101	56	85
58	138	65	120
66	143	74	129
74	157	82	147
81	146	89	141
90	153	98	155
98	143	106	151
106	122	114	134
114	85	122	97
122	72	129	85
130	67	136	82
138	69	144	87
146	56	151	73
154	74	158	98
168	70	170	95

façon qualitative en utilisant les théories de double « stripping » de Banerjee, Newns, Gleadenning ([6]).



Distribution angulaire dans le centre de masse des particules α provenant de la réaction ^{6}Li + ^{6}Li = α_0 + ^{8}Be. Les points ronds sont les points expérimentaux. La courbe continue est calculée à partir de la théorie du double stripping. La courbe pointillée représente l'analyse des points expérimentaux en polynomes de Legendre d'ordre pair jusqu'en P_4.

Si l'on considère que ^{6}Li est formé par l'agrégat $(\alpha + d)$, ^{8}Be sera alors formé par la capture d'un deuton par ^{6}Li. Dans ce cas le transfert de quantité de mouvement au noyau cible est

$$\vec{q}_c = \vec{k}_p - \frac{M_c}{M_R}\vec{k}_\alpha,$$

où $\vec{k}_p$, $\vec{k}_\alpha$ sont les vecteurs correspondant aux nombres d'onde du projectile et de la particule sortante; M_c et M_R sont les masses des noyaux cible et résiduel.

On trouve numériquement que $q_c^2 = 1{,}687 - 0{,}897 \cos\theta$.

Si le moment orbital du deuton au moment de la capture est égal à zéro, la section efficace différentielle sera proportionnelle à

$$[j_0(q_c R) + j_0(q'_c R)]^2.$$

Nous avons tenu compte du stripping de la particule lourde exprimé par $j_0(q'_c R)$ et dans lequel $q'_c(\theta) = q_c(\pi - \theta)$. Ce terme était nécessaire du fait de l'identité des noyaux cible et projectile. La courbe continue représentée sur la figure 1 a été calculée pour une valeur de $R = 4{,}4f$; elle reproduit la forme générale de la distribution angulaire expérimentale.

Nous avons, d'autre part, analysé la courbe expérimentale en déterminant la meilleure décomposition en polynomes de Legendre d'ordre pair. La courbe indiquée en pointillé sur la figure correspond à l'expression $110{,}96\,(P_0 - 0{,}4716\,P_2 + 0{,}4144\,P_4)$, ce qui indique une prédominance des ondes S, P et D. Ces résultats sont compatibles avec les intensités relatives des ondes S, P et D calculées par Huberman ([5]).

En résumé, la distribution angulaire expérimentale semble compatible avec les résultats théoriques obtenus soit à partir de la théorie de double « stripping », soit à partir de la théorie du noyau composé.

(*) Séance du 5 novembre 1962.

([1]) M. Coste et L. Marquez, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1768.

([2]) G. M. Temmer, *Bull. Amer. Phys. Soc.*, 7, 1962, p. 59.

([3]) A. Garin et L. Marquez, *J. Phys. Rad.* (sous presse).

([4]) M. Coste, C. Lemeille et L. Marquez (à paraître).

([5]) M. N. Huberman, M. Kamegai et G. C. Morrison (Communication privée).

([6]) H. C. Newns, *Proc. Phys. Soc.*, 76, 1960, p. 489; N. K. Glendenning, U.C.R.L. 9505, 1960; M. K. Banerjee, *Nuclear Spectroscopy*, Part B, édité par F. Ajzenberg-Selove, Academic Press, 1960.

(*Faculté des Sciences, Bordeaux* et *Centre d'Études nucléaires, Saclay*.)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude diélectrique des oxydes de praséodyme.* Note (*) de MM. **Guiu Grosvald** et **Jean Loriers**, présentée par M. Jean Lecomte.

Les oxydes de praséodyme, dans le domaine Pr_2O_3-Pr_6O_{11}, ont été étudiés du point de vue diélectrique. On montre l'existence d'un ou deux phénomènes de relaxation dipolaire suivant le titre de l'oxyde. Les variations de l'énergie d'activation de la relaxation dipolaire sont en corrélation avec les variations de la structure cristalline de l'échantillon.

Mme M. Freymann et R. Freymann ([1]) ont montré que les oxydes d'uranium, dont la composition peut, de manière importante, s'écarter de la stœchiométrie, présentent un phénomène de relaxation dipolaire. Nous avons pensé que, certaines terres rares étant douées de valences multiples, leurs oxydes pourraient présenter le même phénomène. Notre choix s'est fixé sur l'oxyde de praséodyme, dont la composition peut prendre toutes les valeurs entre l'oxyde normal Pr_2O_3 et le peroxyde PrO_2. On conviendra d'appeler *titre d'un oxyde* le rapport $n =$ nombre d'atomes d'oxygène/nombre d'atomes de praséodyme.

Les oxydes de différents titres ont été préparés à partir d'un oxyde de formule Pr_6O_{11} ($n = 1,833$), qui nous a été fourni par le laboratoire des terres rares à Bellevue. Pr_2O_3 ($n = 1,5$) est obtenu par réduction à 900°C du précédent dans l'hydrogène. Les titres intermédiaires s'atteignent :

— soit par recuit, à 600°C en ampoule scellée sous vide, de mélanges de Pr_2O_3 et de Pr_6O_{11};

— soit à partir de Pr_6O_{11}, par des traitements thermiques ([2]).

L'étude diélectrique d'échantillons de titres différents montre que :

1° Le sesquioxyde Pr_2O_3 et les oxydes de titres inférieurs à 1,525 ne présentent pas de phénomène de relaxation dipolaire. Leur conductibilité est très faible et augmente avec le titre.

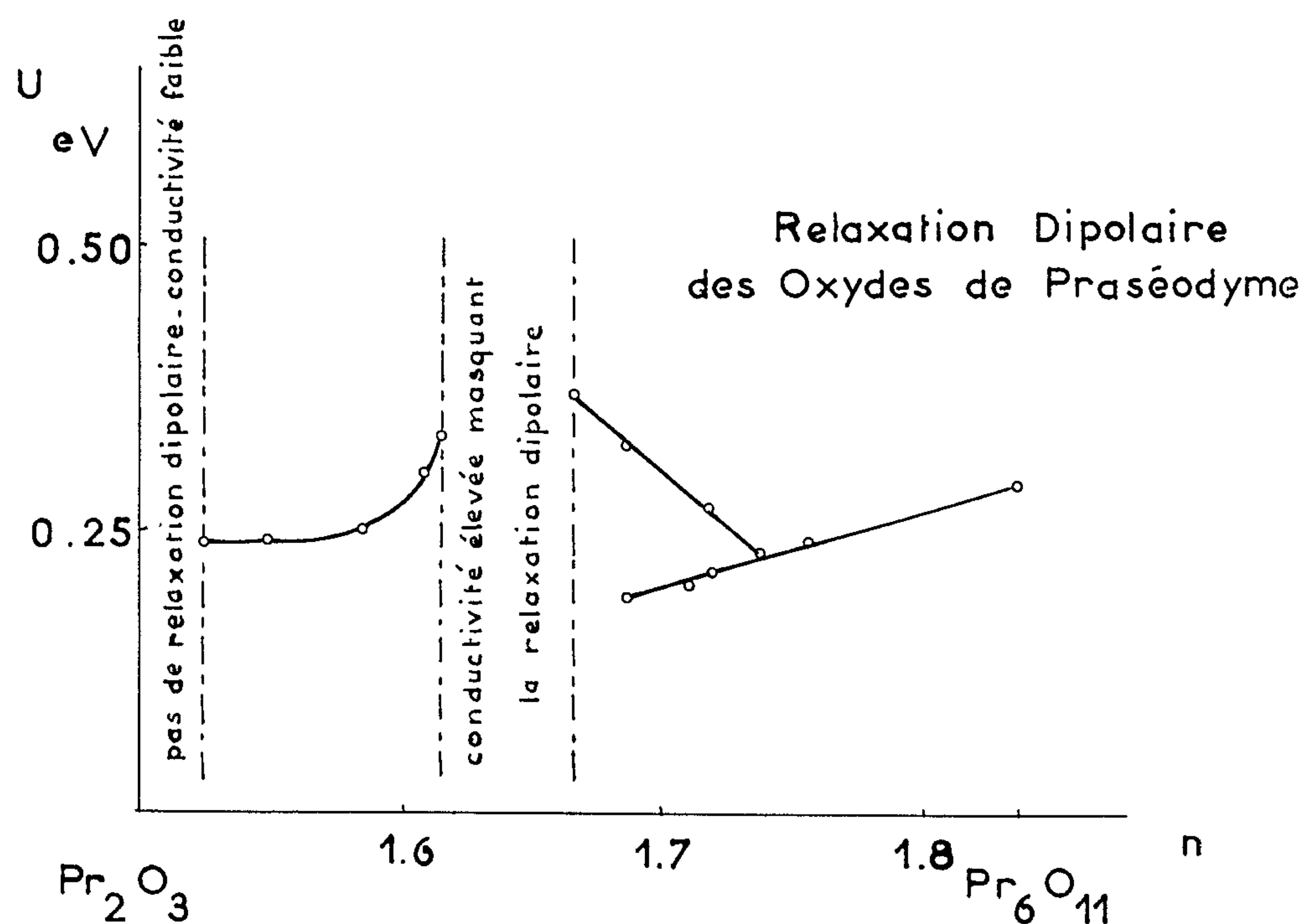
2° A partir de $n = 1,525$, un phénomène de relaxation dipolaire apparaît. Son énergie d'activation croît avec le titre. La conductivité croît aussi et, entre $n = 1,618$ et $n = 1,665$, elle masque le phénomène. Entre $n = 1,665$ et $n = 1,737$, la bande réapparaît, son énergie décroissant linéairement.

3° Entre $n = 1,686$ et $n = 1,833$, un second phénomène apparaît, qui, jusqu'à $n = 1,737$, coexiste avec le précédent. Son énergie croît linéairement avec le titre, son intensité, au contraire, décroît. Des travaux sont actuellement en cours qui devront permettre de revenir ultérieurement sur ce dernier point et d'étendre la présente étude au domaine $1,833 < n < 2$.

Des résultats obtenus par d'autres méthodes ([3]) indiquent qu'il existe deux domaines monophasiques : $1,5 < n < 1,55$, $1,75 < n < 2$, où nous n'observons qu'une bande de relaxation dipolaire et un domaine diphasique $1,55 < n < 1,75$, que nos mesures ne nous ont pas permis d'explorer

entièrement, mais où nous constatons l'existence de deux phénomènes distincts.

Il est intéressant de constater que, dans deux phases cristallines différentes, on puisse observer des phénomènes de relaxation de même énergie alors que, dans le domaine diphasique, les énergies des deux phénomènes



de relaxation sont bien distinctes. Ces observations qui montrent une certaine corrélation entre la relaxation dipolaire due aux défauts de réseau et la structure cristalline, ne pourront être interprétées complètement que lorsque sera précisée la nature des associations dipolaires. C'est dans ce but que de nouvelles expériences se trouvent actuellement entreprises.

(1) Mme M. FREYMANN et R. FREYMANN, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 2094.

(2) M. FOËX et J. LORIERS, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 220.

(3) MARTIN, *Nature*, 165, 1950, p. 202.

(*Laboratoire d'Électronique et de Spectroscopie hertzienne, Faculté des Sciences, Rennes*
et *Centre National de la Recherche Scientifique, Bellevue.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés magnétooptiques de deux trialcoylaluminiums et de leurs composés d'addition avec les éthers aliphatiques.* Note (*) de MM. **Fernand Gallais** et **Philippe de Loth**, présentée par M. Paul Pascal.

Les résultats obtenus au Laboratoire au cours de l'étude magnéto-optique des composés d'addition que forment certains dérivés du bore et diverses molécules organiques [1] nous ont incités à tenter une étude identique dans la famille des composés de l'aluminium.

Dans ce but nous avons utilisé le triéthylaluminium et le triisobutylaluminium et leurs composés d'addition avec les éthers éthylique, *n*-propylique et *n*-butylique.

Le triéthylaluminium a été préparé selon la méthode de Grosse et Mavity [2] : le bromure d'éthyle réagissant sur l'alliage Al-Mg (70/30) donne 98 à 99 % de $(C_2H_5)_2AlBr$. En traitant ce monobromure à l'ébullition par le sodium, on obtient le triéthylaluminium, de point d'ébullition 128-130°C/50 mm et dont l'analyse ne révèle plus aucune trace d'halogène.

Le triisobutylaluminium par contre a été obtenu par rectification d'un produit commercial, la fraction passant à 54-55°C/1,5 mm étant seule conservée.

Les éthers éthylique, *n*-propylique et *n*-butylique étaient des produits commerciaux convenablement séchés et distillés au moment de l'emploi.

Les composés d'addition, de leur côté, ont été tous préparés d'une manière identique : l'alcoylaluminium ayant été convenablement refroidi dans le mélange alcool-neige carbonique, l'éther choisi lui est ajouté très lentement et en léger excès. Après réaction et réchauffement du mélange, on chasse l'excès d'éther et il est alors possible de distiller le composé d'addition formé sans décomposition appréciable (pression de l'ordre du millimètre).

Les mesures de rotation magnétique ont été effectuées pour la radiation jaune du mercure ($\lambda = 0,5780\ \mu$) et à la température de 20°C sous une chute de potentiel magnétique de 5.10^5 gauss.cm environ [3].

On trouvera dans le tableau I les points d'ébullition, les densités et les rotations magnétiques spécifiques et moléculaires (*a*) des composés que nous avons étudiés [4]. On y trouvera également des valeurs de rotation moléculaire calculées en additionnant celles de l'alcoylaluminium et de l'éther intéressé (*b*) ainsi que les différences (*a*) — (*b*).

Le fait que (*b*) et (*a*) ne soient pas identiques traduit l'existence d'une combinaison entre les produits étudiés et, en toute première approximation, on peut admettre que (*a*) — (*b*) mesure la rotation magnétique de la liaison de coordination entre l'aluminium et l'oxygène. L'interprétation de ce résultat se complique toutefois du fait de la dimérisation du triéthyl-

aluminium. Cependant les résultats obtenus avec les deux alcoylaluminiums étant identiques et le triisobutylaluminium devant être monomère puisque déjà le triisopropylaluminium a été reconnu comme tel ([6]), il semble que l'association ne joue pas un rôle très important du point de vue qui nous intéresse.

TABLEAU I.

	Eb. (°C/mm).	d_4^{20}.	$\lvert\rho\rvert$ (μ rad).	$\lvert\rho_M\rvert$ (μ rad) (a) observée.	(b) calculée.	(a) − (b).
$(C_2H_5)_2O$	–	–	–	343 ([4])		
$(n\text{-}C_3H_7)_2O$			–	484 ([4])		
$(n\text{-}C_4H_9)_2O$	–			630 ([4])		
$(C_2H_5)_3Al$	$128\text{-}130_{30}$	0,8360	6,649	759		
$(C_2H_5)_3Al.O(C_2H_5)_2$	$69_{0,9}$	0,8230	5,954	1121	1102	+19
$(C_2H_5)_3Al.O(n\text{-}C_3H_7)_2$	$76_{0,8}$	0,8262	5,833	1262	1243	+19
$(C_2H_5)_3Al.O(n\text{-}C_4H_9)_2$	$114\text{-}115_3$	0,8282	5,749	1405	1389	+16
$(i\text{-}C_4H_9)_3Al$	$64_{1,5}$	0,7979	6,752	1339	–	
$(i\text{-}C_4H_9)_3Al.O(C_2H_5)_2$	88_2	0,8373	6,192	1687	1682	+5
$(i\text{-}C_4H_9)_3Al.O(n\text{-}C_3H_7)_2$	$90_{0,5}$	0,8238	6,143	1846	1823	+23
$(i\text{-}C_4H_9)_3Al.O(n\text{-}C_4H_9)_2$	$106_{1,5}$	0,8225	6,045	1986	1969	+17

On peut donc sans doute retenir que le module magnétooptique de la liaison $O^+—^-Al$ est ici *positif*, d'un ordre de grandeur de 15 à 20 μ rad, et que celle-ci se distingue nettement par là de la liaison $O^+—^-B$ dont le module a une valeur *négative* élevée.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) J.-P. LAURENT, *Ann. Chim.*, [13], 6, 1961, p. 677.

([2]) A. V. GROSSE et J. M. MAVITY, *J. Org. Chem.*, 5, 1940, p. 106.

([3]) F. GALLAIS et D. VOIGT, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1292.

([4]) Sauf dans le cas de $(C_2H_5)_3Al.O(C_2H_5)_2$ nous n'avons pas trouvé dans la littérature les constantes des composés d'addition.

([5]) *Constantes sélectionnées, Pouvoir rotatoire magnétique (effet Faraday)*, Hermann et Cie, Paris, 1951.

([6]) K. S. PITZER et H. S. GUTOWSKY, *J. Amer. Chem. Soc.*, 68, 1946, p. 2204.

(*Laboratoires de Chimie générale et minérale, 38, rue des Trente-Six-Ponts, Toulouse.*)

PHYSIQUE DU MÉTAL. — *Étude de l'émission électronique secondaire dans la microsonde de Castaing.* Note (*) de MM. **Jean Philibert** et **Élie Weinryb**, présentée par M. Georges Chaudron.

La mesure du courant échantillon dans la microsonde de Castaing permet d'évaluer dans des conditions déterminées les rendements de l'émission d'électrons rétrodiffusés et secondaires, η et Δ, au point d'impact de la sonde électronique. Les possibilités d'application à l'analyse quantitative ou qualitative sont rapidement discutées.

On sait que dans le microanalyseur à sonde électronique, ou « microsonde » de Castaing, un faisceau d'électrons très délié vient frapper une petite aire (diamètre $\sim 1\ \mu$) à la surface de l'échantillon observé, et provoquer ainsi l'émission locale d'un rayonnement X caractéristique [1]. Celle-ci est accompagnée de l'émission d'électrons rétrodiffusés et d'électrons secondaires. Les rapports des nombres d'électrons correspondants au nombre d'électrons incidents définissent les rendements respectifs η et Δ. En reliant l'échantillon à la terre par l'intermédiaire d'un galvanomètre, on mesure un « courant échantillon » I_e, qui permet de définir un rendement expérimental : $\delta_{exp} = (I_s - I_e)/I_e$, si I_s désigne l'intensité du faisceau incident. Nous avons étudié la relation entre δ_{exp} et les deux rendements η et Δ.

Les conditions expérimentales sont définies sur la figure 1. Les pièces polaires de l'objectif magnétique forment un écran qui va lui-même émettre des électrons sous l'effet du bombardement par les électrons rétrodiffusés. Une partie de ceux-ci atteignent l'échantillon et y donnent naissance à un extra-courant I^E, proportionnel à $\eta\, I_s$. D'où, en négligeant les photoélectrons et les secondaires d'origine diverse

$$I_e = I_s - \eta I_s - \Delta I_s + I^E. \tag{1}$$

Le rendement expérimental est donc égal à

$$\delta_{exp} = \eta + \Delta - \eta k. \tag{2}$$

Pour mesurer le rendement total $\eta + \Delta$, on peut polariser négativement l'échantillon : l'échantillon repousse les électrons secondaires et donc annule l'extra-courant I^E. A partir de -300 V, δ_{exp} atteint une valeur de saturation qui correspond au rendement total $\eta + \Delta$.

Afin de mesurer le rendement de rétrodiffusion η seul, nous avons introduit entre l'échantillon et l'écran une grille, à laquelle nous avons appliqué une polarisation négative. Pour une valeur suffisante de celle-ci, ni l'échantillon, ni l'écran ne peuvent émettre de secondaires. Par conséquent, si $I_\Delta \to 0$ et $I^E \to 0$, $\delta_{exp} \to \eta$; une polarisation de -50 V est suffisante, ce qui montre que la plupart des secondaires ont des énergies inférieures à 50 eV.

Mesure des rendements η et Δ.

			28 kV.		5 kV.	
Z.	Élément.	η (28 kV, grille polarisée — 50 V).	$\eta+\Delta$ (échantillon polarisé — 300 V).	Δ (par différence).	$\eta+\Delta$ (échantillon polarisé — 300 V).	Δ (par différence).
4.........	Be	0,03	0,07	0,04	0,25	0,22
6.........	C	0,06	0,14	0,08	0,37	0,31
13.........	Al	0,14	0,22	0,08	0,40	0,26
22.........	Ti	0,23	0,30	0,07	0,57	0,34
26.........	Fe	0,26	0,36	0,10	0,59	0,33
27.........	Co	0,27	0,33	0,06	0,60	0,33
28.........	Ni	0,28	0,35	0,07	0,62	0,34
33.........	As	0,30	0,39	0,09	0,64	0,34
41.........	Nb	0,35	0,44	0,09	0,73	0,38
47.........	Ag	0,37	0,46	0,09	0,67	0,30
50.........	Sn	0,38	0,48	0,10	0,77	0,39
74.........	W	0,45	0,51	0,06	0,80	0,35
79.........	Au	0,46	0,57	0,11	0,89	0,43
83.........	Bi	0,46	0,57	0,11	>0,82	>0,36
92.........	U	0,48	0,60	0,12	>0,84	>0,36

Les valeurs de η et $\eta+\Delta$ ainsi mesurées sont données dans le tableau ci-dessus pour deux valeurs de l'énergie primaire, 5 et 28 kV. Nous avons calculé le rendement secondaire Δ par différence en supposant que η ne

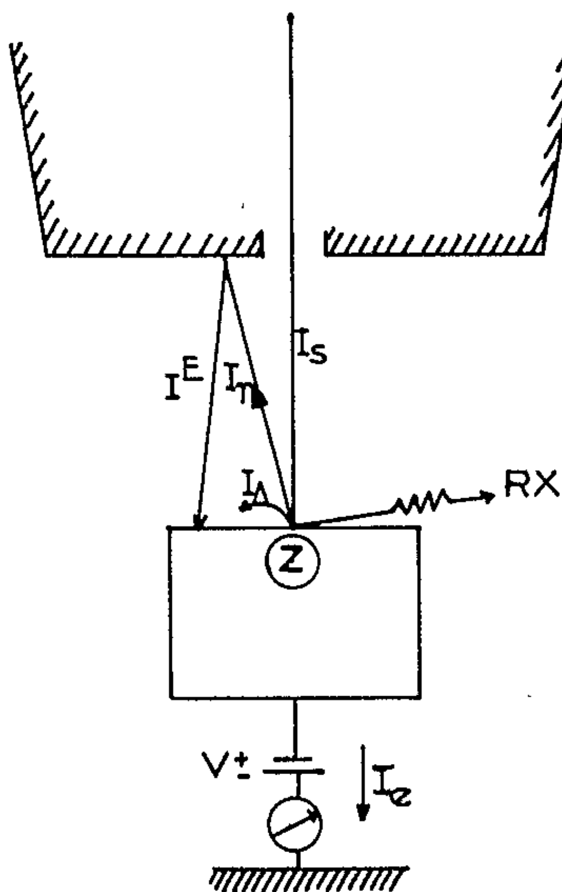


Fig. 1.

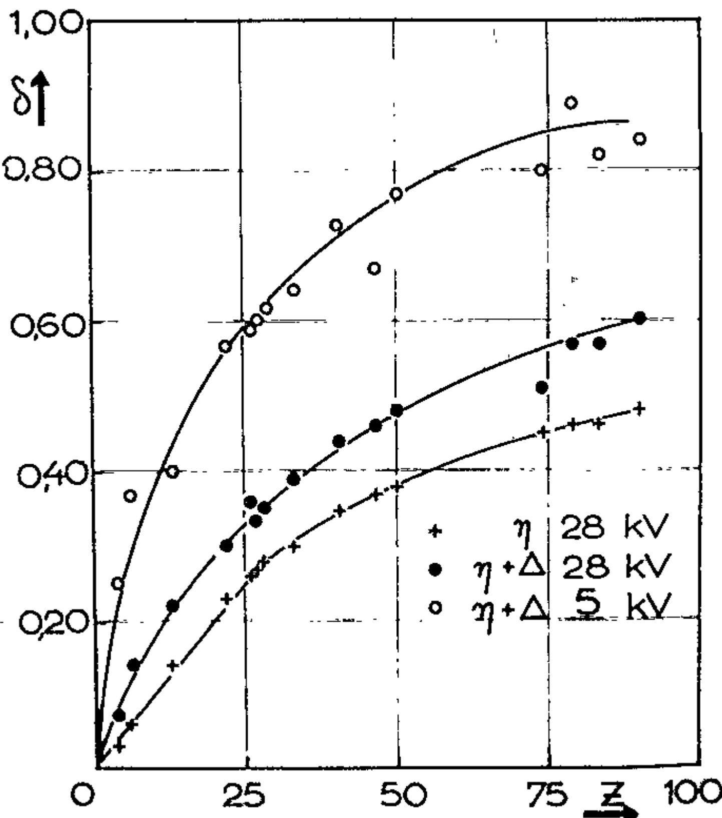


Fig. 2.

varie pas avec l'énergie primaire, comme l'indiquent les résultats précédemment publiés [(2), (3)]. La variation de η avec Z est montrée par la figure 2. La courbe comprend deux portions nettement différenciées; dans la première ($Z \leq 28$), on observe une variation linéaire avec $\eta = Z/100$.

Ces résultats sont en bon accord avec les déterminations de Palluel ([2]) et de Sternglass ([3]).

Les valeurs du rendement secondaire Δ sont plus dispersées. Elles sont en effet, fonction de l'état de surface, mais ne varient que peu avec Z : pour des énergies primaires de 20 à 30 keV, Δ représente environ 20 % du rendement total lorsque $Z > 20$ et peut dépasser 50 % pour les éléments très légers (Be ou C). A 5 keV, par contre, l'émission secondaire représente les 2/3 de l'émission totale.

On a noté en outre que, pour des énergies primaires élevées (20 à 30 keV), le rendement δ_{exp} mesuré sans polarisation de l'échantillon ni grille est très voisin de η, la différence étant de l'ordre de grandeur des erreurs expérimentales. Ceci ne se produit, par suite d'une compensation entre les courants I^F et I_Δ [éq. (1)], que pour des conditions géométriques et énergétiques bien déterminées et permet alors la mesure du rendement de rétrodiffusion dans des conditions très commodes pour les applications à l'analyse.

En effet, la sensibilité du rendement de rétrodiffusion au numéro atomique peut constituer une méthode d'analyse locale. Les essais de mesures quantitatives ne sont cependant pas très encourageants par suite de la difficulté à définir le numéro atomique moyen d'un alliage ou d'un composé. Mais puisqu'il fournit un signal sensible aux variations de Z, ainsi qu'aux accidents topographiques de la surface, nous avons utilisé le courant échantillon pour former une image sur un oscillographe au moyen du dispositif de balayage automatique ([4]). L'échantillon est relié à la masse par l'intermédiaire d'une résistance de 10 MΩ. La tension aux bornes de celles-ci est hachée à une fréquence de quelques centaines de hertz, amplifiée, redressée et envoyée au Wehnelt de l'oscillographe. Le faisceau de celui-ci est animé d'un mouvement synchrone de celui de l'objet. Deux tensions réglables constituent un seuil et un écrêteur qui permet d'obtenir tout le contraste sur l'image pour une variation dans des limites données du signal. Ce dispositif et ses applications seront décrits par ailleurs.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) R. Castaing, *Thèse*, 1951 (*Publication O.N.E.R.A.*, n° 55).

([2]) P. Palluel, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1492.

([3]) E. J. Sternglass, *Phys. Rev.*, 95, 1954, p. 345.

([4]) M. Rouberol, M. Tong, E. Weinry et J. Philibert, *Mém. Sc. Rev. Mét.*, 59, 1962, p. 305.

(*Institut de Recherches de la Sidérurgie, Saint-Germain-en-Laye.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Fragilisation du tantale par l'hydrogène, à la température ambiante : influence de l'azote en solution solide et de la vitesse de déformation.* Note (*) de M. **Auguste Clauss**, présentée par M. Georges Chaudron.

Le tantale contenant de l'azote en solution solide d'insertion présente, en atmosphère d'hydrogène, un phénomène de fragilité anormal. Son allongement à la rupture dépend de la vitesse de déformation.

L'étude des propriétés mécaniques du tantale en atmosphère d'hydrogène, à température ambiante, nous a permis de mettre en évidence un phénomène de fragilité subordonné à la présence de faibles quantités d'oxygène en solution solide et dépendant de la vitesse de déformation (1). Il était intéressant de voir si d'autres éléments dissous, l'azote en particulier, pouvaient conférer au métal une fragilité comparable.

A cet effet, des essais de traction ont été effectués sur des fils de tantale de 0,30 mm de diamètre. Leur analyse chimique donne une teneur en oxygène et en azote inférieure à 0,03 % at. La mise en solution solide de l'azote, vérifiée par mesure du frottement interne (pic de Snoek) et par analyse aux rayons X, est obtenue par chauffage à 1 800°C, pendant 5 mn, sous une pression partielle d'azote pur de 3.10^{-3} mm de mercure (2). A ce traitement succède un recuit de 5 mn à 1 500°C, sous un vide de 10^{-5} mm de mercure, destiné à homogénéiser la solution solide.

L'analyse des échantillons après traitement donne les résultats suivants : O = 0,03 % at., N = 0,40 % at. La mise en solution solide de l'azote dans le réseau du tantale s'accompagne d'une dilatation de la maille, dont le paramètre passe de 3,3025 à 3,307 Å, et d'une variation des propriétés mécaniques entraînant, en particulier, une augmentation de la limite élastique supérieure (20 %).

La fragilité du tantale est caractérisée par sa capacité de déformation mesurée par son allongement à la rupture. Les vitesses de traction utilisées sont comprises entre 1,25 et 67 mm/mn, correspondant, pour une longueur utile de l'échantillon de traction de 10 mm, à des vitesses de déformation respectives de $2,1.10^{-3}$ s^{-1} et $1,1.10^{-1}$ s^{-1}.

L'ensemble des résultats obtenus est résumé dans la figure. Son examen conduit aux conclusions suivantes :

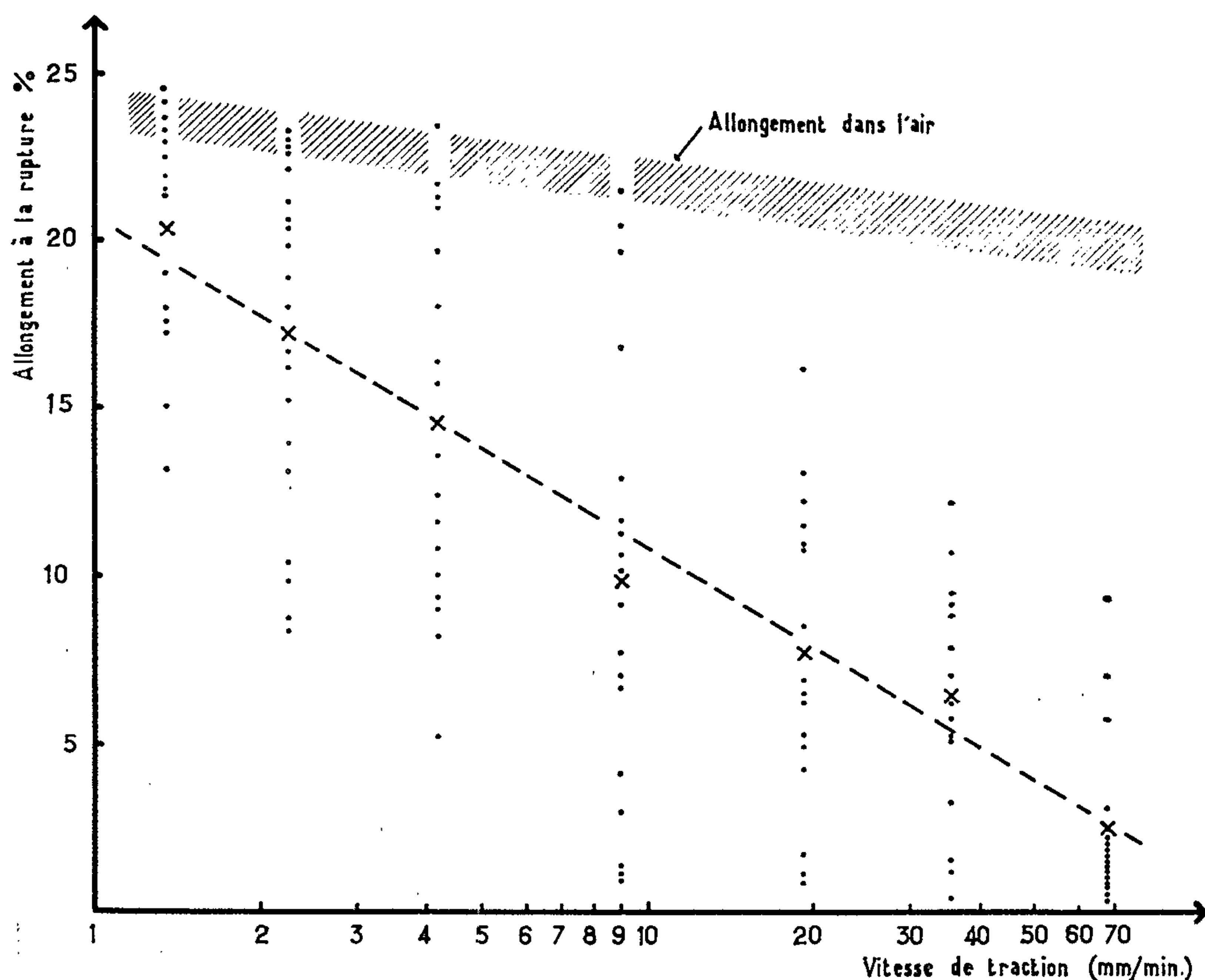
1° L'allongement à la rupture varie selon que l'essai de traction est effectué dans l'air ou dans l'hydrogène. Il est maximal dans l'air.

2° Dans le domaine des vitesses de déformation utilisées, les valeurs de l'allongement dans l'hydrogène sont extrêmement dispersées. La dispersion est particulièrement grande dans le domaine des vitesses intermédiaires. La courbe en pointillé, qui relie les valeurs moyennes de l'allongement dans l'hydrogène pour les différentes vitesses de déformation

utilisées, montre que l'allongement « probable » diminue régulièrement lorsque la vitesse augmente.

Plusieurs observations permettent de préciser, en outre, la nature du phénomène :

— L'examen micrographique des surfaces de rupture révèle que l'apparition de la fragilité est liée à une modification du type de rupture. Lorsque les échantillons sont rompus dans l'air, le faciès est du type ductile (cupules), lorsqu'ils sont rompus dans l'hydrogène, le faciès est du type fragile (facettes de clivage, rivières).



— L'étude analytique des courbes de traction montre que, pour une vitesse de déformation donnée, la courbe obtenue dans l'hydrogène reste identique à la courbe obtenue dans l'air jusqu'à l'apparition du phénomène de rupture dans l'hydrogène.

— La variation de la limite élastique supérieure en fonction de la vitesse de déformation suit, approximativement, la même loi que la variation de l'allongement probable.

La fragilisation du tantale par l'hydrogène, à température ambiante, se retrouve donc dans le cas où l'oxygène est remplacé par l'azote. Elle peut s'interpréter comme résultant d'un processus compétitif entre le relâchement des contraintes par propagation d'une fissure et le relâchement des contraintes par déformation plastique. L'hydrogène, fortement chimi-

sorbé, abaisse l'énergie de surface; il favorise ainsi la formation de micro-fissures à partir d'empilements de dislocations, et leur croissance, en diminuant les tensions nécessaires. Il semble donc que l'hydrogène soit à l'origine d'amorces temporaires de rupture. L'azote en solution solide, en relevant la limite élastique supérieure, diffère le relâchement des contraintes par déformation plastique et favorise la propagation de la fissure. Pour une concentration en azote déterminée, l'accroissement de la vitesse de déformation, qui modifie également la limite élastique supérieure, facilite l'extension de la fissure jusqu'à une dimension critique entraînant la rupture.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) A. Clauss et H. Forestier, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 3241; *Mém. Sc. Rev. Métallurgie*, 56, n° 6, 1959, p. 614; A. Clauss, *Thèse Sciences*, Strasbourg, 1962.

(2) E. Gebhardt, H. D. Seghezzi et W. Dürrschnabel, *Z. Metallkunde*, 49, n° 11, 1958, p. 577.

(Faculté des Sciences de l'Université de Strasbourg, Laboratoire de Chimie générale.)

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Études sur l'absorption de composés macromoléculaires par l'urée et la thiourée. Applications à l'analyse immédiate.* Note (*) de MM. **André Kohler**, **Gérard Hild** et **Jacques Parrod**, présentée par M. Georges Champetier.

L'effet de fractionnement signalé antérieurement, lorsque l'urée absorbe le polyoxyéthylène (P. O. E.) en solution benzénique, est confirmé par la détermination de la masse moléculaire du produit inclus dans le solide. Sur quatre composés voisins du P. O. E. par leur nature chimique, deux ne sont absorbés ni par l'urée ni par la thiourée, ce qui permet de les séparer à partir de mélanges. L'examen des diagrammes de rayons X de certaines des combinaisons d'addition préparées par absorption, montre que leur structure n'est pas celle des combinaisons d'insertion classiques.

Au cours de leurs recherches sur l'absorption des polyoxyéthylènes (P. O. E.) en solution benzénique, par l'urée ou la thiourée pulvérisées, J. Parrod et A. Kohler [1] ont trouvé que la masse moléculaire moyenne du produit resté dissous décroît. Pour établir en toute rigueur qu'on se trouve en présence d'un effet sélectif et non d'une dégradation, il était nécessaire de montrer l'augmentation corrélative de la masse moléculaire du P. O. E. intégré au solide.

Pour cela, nous avons soumis à une agitation constante plusieurs flacons renfermant chacun 3 g d'urée pulvérisée, et, dissous dans 25 cm^3 de benzène, un mélange de 0,5 g de P. O. E., de viscosité intrinsèque, $[\eta] = 7{,}0$, et de 0,5 g d'un autre échantillon du même polymère, $[\eta] = 37{,}2$.

Après une durée convenable, le contenu de l'un des flacons est essoré. La partie solide est traitée par le dioxane à la température ordinaire; celui-ci entraîne la totalité du P. O. E. et ne dissout que très peu d'urée, qui se trouve éliminée lorsqu'on reprend le résidu d'évaporation du dioxane par le benzène.

On détermine alors les viscosités intrinsèques des deux fractions, soient $[\eta_s]$ pour le polymère non absorbé, et $[\eta_a]$ pour celui qui se trouvait combiné à l'urée.

Les résultats sont réunis dans le tableau ci-dessous :

Poids de P. O. E. absorbé (en grammes pour 100 g de P. O. E. de départ).	Trouvé.		Calculé.
	$[\eta_a]$.	$[\eta_s]$.	$[\eta_{mél.}]$.
0	–	21,7	22,1
30,3	22,3	20,0	20,8
49,3	29,0	14,8	21,8
55,5	28,0	14,0	21,7

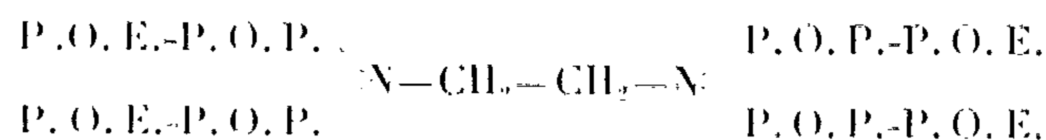
$[\eta_{mél.}]$ est la viscosité intrinsèque calculée, soit pour le mélange initial à partir de ses constituants (1re ligne), soit pour le mélange de deux fractions correspondantes (2e à 4e ligne), et cela en tenant compte de leurs poids respectifs.

Ces nombres confirment bien l'effet de fractionnement supposé au début; en appliquant, avec les coefficients de P. Rempp [2], la formule classique,

$$[\eta] = 0{,}0485\, M^{0{,}68},$$

on voit en effet que nous avons séparé un échantillon de masse moléculaire moyenne viscosimétrique $\overline{M}_v = 7\,900$ en deux fractions pour lesquelles les mêmes moyennes sont respectivement 11500 et 4150.

Par ailleurs, nous avons tenté d'obtenir des combinaisons d'addition entre l'urée ou la thiourée et certains produits voisins des P. O. E., dissous dans le benzène. Ces derniers sont le polyoxypropylène (P. O. P.) de masse moléculaire moyenne 2 000, un copolymère séquencé P. O. E.-polystyrène-P. O. E., et enfin un copolymère séquencé « en étoile », le « Tetronic » :



La masse moléculaire $\overline{M} = 6\,500$ de ce dernier copolymère se trouve répartie entre 32 % de P. O. E. et 68 % de P. O. P. .

Le P. O. P. et le « Tetronic » ne quittent pas la solution, non plus que le polystyrène, et cela aussi bien en présence de thiourée que d'urée.

Nous donnons ci-dessous, avec la composition et les masses moléculaires des deux copolymères absorbés, les taux d'absorption correspondant à un état stationnaire, qui s'établit après une durée de contact allant de 150 à 3 000 h.

Copolymère.	Masse moléculaire.	Composition.	Poids absorbé (g). par 100 g d'urée.	Poids absorbé (g). par 100 g de thiourée.
P. O. E.-P. O. P.-P. O. E......	7 100	P. O. E. 58,7 % P. O. P. 41,3 »	48,5	37,1
P. O. E.-Polystyrène-P. O. E...	10 000	P. O. E. 30,0 » Polystyrène 70,0 %	-	35,1

Les données qui précèdent suggèrent d'appliquer à la séparation d'espèces macromoléculaires la formation de composés d'addition avec l'urée ou la thiourée, procédé qui s'est montré efficace en chimie ordinaire.

Une solution contenant 0,99 g de P. O. E. ($\overline{M}_v = 8\,000$), 0,95 g de P. O. P. ($\overline{M}_v = 2\,000$) et 50 cm³ de benzène, est agitée pendant 24 h avec 2,5 g de thiourée pulvérisée. L'extrait sec du filtrat pèse 0,93 g; son spectre d'absorption infrarouge est identique à celui du P. O. P. pur.

Dans des conditions voisines, nous avons séparé de façon sensiblement quantitative, le copolymère séquencé P. O. E.-P. O. P.-P. O. E. ($\overline{M} = 7100$) du polyoxypropylène, ainsi que le copolymère séquencé P. O. E.-polystyrène-P. O. E. ($\overline{M} = 10\,000$) du polystyrène ($\overline{M} = 9\,000$).

Dans les publications antérieures de deux d'entre nous ([1]), les structures des combinaisons de l'urée, respectivement avec les paraffines normales et avec les P. O. E. étaient supposées identiques. La comparaison de leurs spectres de diffraction de Debye-Scherrer montre qu'il n'en est rien.

Cette conclusion se trouve confirmée par le fait que des diagrammes semblables sont donnés par les combinaisons de l'urée avec le P. O. E. ou avec le copolymère P. O. E.-P. O. P.-P. O. E. En effet, il est difficile de concevoir comment le segment central de ce dernier pourrait se loger dans le réseau hexagonal décrit pour l'urée dans ses composés d'insertion.

Le diagramme de Debye-Scherrer de la combinaison contenant 180 g de P. O. E. pour 100 g de thiourée présente à la fois des raies du P. O. E. pur, de la thiourée, et des raies nouvelles.

L'étude de la structure de tous ces composés fera l'objet d'un travail ultérieur.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) J. PARROD et A. KOHLER, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1046; *J. Polymer. Sc.*, 48, 1960, p. 457.

([2]) P. REMPP, *Thèse*, Strasbourg, 1957.

(*Centre de Recherches sur les Macromolécules, 6, rue Boussingault, Strasbourg.*)

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Étude du comportement en milieu chlorhydrique de la laque donnée par le thorium avec le sel trisodique de l'acide p-sulfophényl azochromotropique.* Note (*) de M[lle] **Solange Fleury**, présentée par M. René Fabre.

Dans le but pratique de réaliser un dosage spectrophotométrique, simple et sensible, du fluor, nous avons été amenée à approfondir l'étude spectrophotométrique, seulement esquissée par Banerjee ([1]), de la réaction entre le sel trisodique de l'acide *p*-sulfophénylazochromotropique, ou SPADNS (SP), et le thorium (Th).

Nos expériences ont porté sur des solutions aqueuses contenant, pour un volume total de 50 ml, des proportions variables (de 0 à 10 ml) de solution 0,004 M de SP et de solution 0,004 M de Th $(NO_3)_4$, $6\,H_2O$ et ajustées, par addition de HCl en quantité voulue, à un pH voisin de 3,4 que nous avons reconnu comme zone de stabilité optimale de la laque. Nous avons tracé les courbes d'absorption entre 350 et 750 mμ, en prenant successivement comme milieu de référence : l'eau distillée, puis une solution de SP.

Eau distillée. — On constate d'abord que l'addition progressive de Th à une dose donnée de SP provoque un déplacement du maximum d'absorption λ_m depuis 515 mμ (λ_m du SP pur) pour Th = 0 jusqu'à une valeur limite voisine de 565 mμ, valeur qui n'est atteinte, pour chaque dose fixe de SP, qu'à partir d'une certaine dose de Th (phénomène de saturation ?). Pour interpréter nos résultats, nous avons admis, comme hypothèses de travail, 1° que Th et SP se combinent toujours dans les mêmes proportions (ce fait a été établi ultérieurement); 2° que SP présent dans le milieu peut fixer, au fur et à mesure de son addition et ceci jusqu'à saturation, la totalité du Th ajouté, en donnant naissance à de la laque Th-SP. Nous avions donc pensé que, dans ces conditions, la détermination des concentrations relatives des deux constituants, SP et Th, nécessaires à l'obtention du palier de 565 mμ devait nous permettre de connaître approximativement dans quelles proportions le SP et le Th se combinent entre eux. Ceci n'a pas été possible, car l'expérience a montré qu'on n'observe pas nécessairement une proportionnalité linéaire entre la dose fixe de SP choisie et la dose minimale de Th qui permet d'aboutir au palier de 565 mμ. Cette observation nous a suggéré que, contrairement à la deuxième partie de notre hypothèse primitive, la combinaison Th-SP pouvait, dans certaines conditions expérimentales de concentration, n'être pas complète. En effet,

cette dissociation se traduit par la persistance de SP libre amenant un recul de λ_m vers les plus basses longueurs d'onde.

Solution de SP. — La lecture faite en prenant la solution de SP comme milieu de référence présente l'avantage d'éliminer, du moins partiellement, les perturbations apportées par le spectre propre du SP auquel s'ajoute celui du SP qui provient de la dissociation variable de la laque. L'expérience montre en effet que, à condition de se limiter à des doses inférieures à 1 ml de solution 0,004 M de chaque constituant pour un volume total de 50 ml, la λ_m demeure fixe (580 mµ). On peut constater alors que la dose optimale (D. O.) à 580 mµ augmente linéairement en fonction de la concentration, soit du SP, soit du Th. Dans ces conditions, si l'on porte sur un même graphique, pour une même concentration fixe de l'un des constituants, les valeurs des D. O. en fonction des concentrations croissantes de l'autre constituant (soit le Th, soit le SP) on obtient deux droites pratiquement superposables. Et l'on peut alors en déduire, suivant Harvey et Manning [2] — méthode du « rapport des pentes » appliquée d'ailleurs par Banerjee — que la composition moléculaire de la laque est de 1 Th pour 1 SP, ce résultat confirmant celui de cet auteur.

Influence du pH sur la dissociation de la laque dans un milieu contenant des proportions équimoléculaires de ses deux constituants. — Nous avons étudié succinctement en fonction du pH (en pratique entre pH 2 et pH 5 environ), en prenant l'eau comme milieu de référence, les variations de λ_m de deux laques, obtenues à partir de quantités égales de chacun des constituants, respectivement 1 et 0,5 ml de solution 0,004 M de Th et de SP pour un volume total de 50 ml (quantités au-dessous desquelles les résultats sont très inconstants). Nous venons de voir en effet que la place de λ_m traduit en fait, dans ces conditions d'équimolarité, le degré de dissociation de la laque produite. Les courbes obtenues montrent, entre pH 3,2 et 3,8 environ, un optimum très aplati, presque en palier, vers 565 mµ, λ_m étant un peu plus élevé pour la laque 1/1 que pour la laque 0,5/0,5. De chaque côté de ce palier, λ_m décroît — ce fait permettrait, d'après ce que nous savons, d'affirmer l'influence du pH sur la dissociation — mais de façon très dissymétrique : pente assez lente dans la zone la plus acide, abrupte dans la zone la moins acide. De plus, les deux courbes obtenues sont pratiquement parallèles, ce qui tend à montrer que la dissociation de la laque serait soumise à une double influence : la concentration de chacun des deux constituants et le pH du milieu.

Conclusions. — 1° La composition moléculaire de la laque Th-SP semble constante, soit : 1 Th pour 1 SP, quelles que soient les concentrations relatives de chaque constituant et dans toute la zone de pH où la laque se forme.

2° Selon la concentration absolue des deux constituants, la laque équimoléculaire formée est plus ou moins dissociée.

3° La zone optimale de pH présente un palier entre pH 3,2 et 3,8 environ. En dehors de cette zone, où, pour une concentration donnée, la dissociation semble rester constante, on observe une dissociation supplémentaire liée au pH, qui paraît indépendante de celle provoquée par simple dilution à pH constant.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

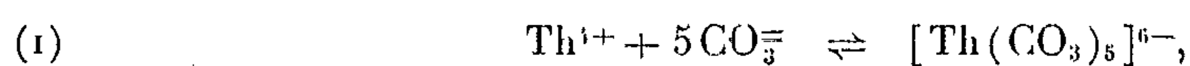
(1) G. BANERJEE, *Anal. Chim. Acta*, 16, 1957, p. 56.

(2) A. F. HARVEY et D. L. MANNING, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 4488.

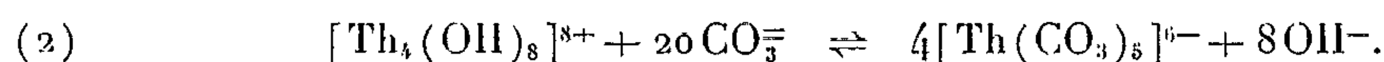
(*Laboratoire de Chimie du Laboratoire National de la Santé Publique, Paris.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude potentiométrique des thoricarbonates complexes.*
Note (*) de M. **Jacques Faucherre** et Mme **Jacqueline Dervin**, présentée par M. Georges Chaudron.

Dans une Note précédente (¹), nous avons montré, par cryoscopie, que les ions Th^{4+} neutres, ainsi que les ions basiques tétracondensés $[Th_4(OH)_8]^{8+}$, donnaient naissance, en présence d'un excès d'ions $CO_3^{=}$, à un thoricarbonate complexe unique suivant les équations



$$(1) \qquad Th^{4+} + 5CO_3^{=} \rightleftharpoons [Th(CO_3)_5]^{6-},$$



$$(2) \qquad [Th_4(OH)_8]^{8+} + 20CO_3^{=} \rightleftharpoons 4[Th(CO_3)_5]^{6-} + 8OH^-.$$

Nous nous proposons dans le présent travail de vérifier la structure de cet ion complexe à l'aide d'une autre méthode.

Le principe en est simple : la courbe de neutralisation d'un mélange $CO_3^{=} + CO_3H^-$ par HNO_3 manifeste, on le sait, un saut de pH bien défini lorsqu'on a atteint la transformation totale des ions $CO_3^{=}$ en CO_3H^-. En présence d'un excès de KNO_3 (afin de se placer dans des conditions de force ionique analogues à celles des mesures cryoscopiques) le point d'équivalence est situé à pH 7,9. Lorsque la neutralisation précédente a lieu en présence d'une quantité connue d'ions Th^{4+}, qui, d'après l'équation (1) devraient consommer cinq ions $CO_3^{=}$ pour un ion Th^{4+}, le point d'équivalence devrait théoriquement être avancé, dans l'échelle des abscisses, conformément à ces proportions, à la condition, cependant, que le complexe formé soit encore stable au pH du point d'équivalence. C'est ce que nous avons essayé de vérifier dans le cas des nitrates neutre et basique de thorium, tous deux préparés dans les conditions indiquées par Faucherre (²).

1° *Cas de l'ion neutre* Th^{4+}. — Nous sommes partis du mélange tampon :



$$14\,ml\ KHCO_3\ 1\,M + 8\,ml\ KOH\ 1\,M + x\,ml\ Th(NO_3)_4\ 0{,}0953\,M + 8\,g\ KNO_3 \text{ cristallisé.}$$

Le tout est ramené à 50 ml. et titré par HNO_3 0,8 M. Les flèches verticales, mentionnées sur les figures 1 et 2 indiquent l'apparition du précipité.

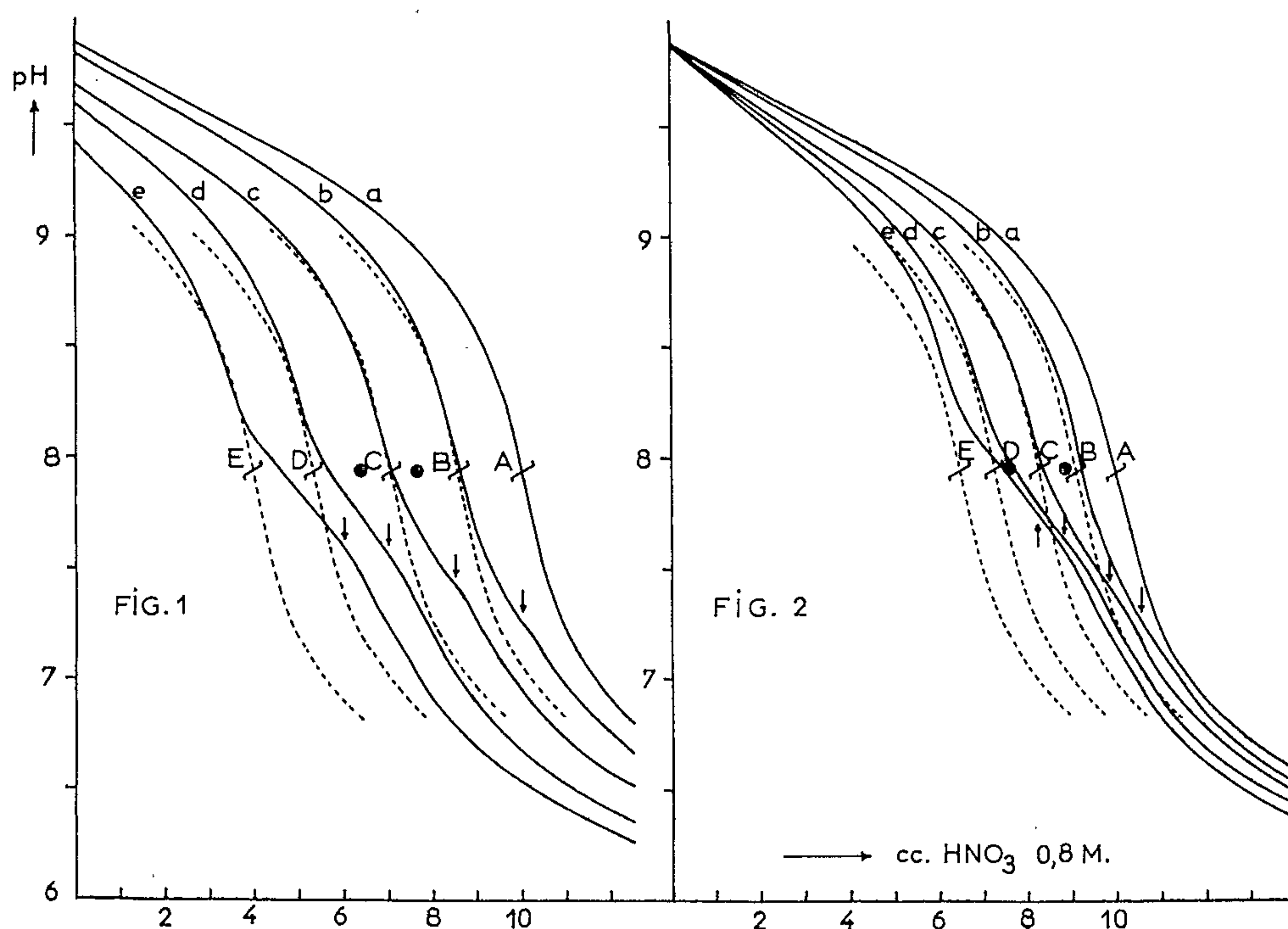
Pour $x = 0$, on obtient la courbe *a* de la figure 1, dont le point d'équivalence A est situé normalement à 10 ml HNO_3 0,8 M. Pour $x = 2{,}5$, 5, 8 et 10 ml, $Th(NO_3)_4$ 0,0953 M, correspondant respectivement aux courbes *b*, *c*, *d*, *e*, les points de transition B, C, D, E, obtenus sont systématiquement avancés dans des proportions en bonne concordance avec l'équation (1).

Ainsi pour $x = 5$, la quantité de $CO_3^{=}$ consommée devrait correspondre théoriquement à 2,38 ml K_2CO_3 1 M, dont la neutralisation est assurée par 2,98 ml HNO_3 0,8 M. Le point de transition C devrait donc être situé à $10 - 2{,}98 = 7{,}02$ ml. On trouve expérimentalement : 7,05.

Pour les autres valeurs de x, la concordance entre les points expérimentaux et théoriques est satisfaisante. Ainsi pour $x = 2{,}5$ on trouve

8,55 ml (8,51 théor.), pour $x = 8 \rightarrow$ 5,30 ml (5,24 théor.), pour $x = 10 \rightarrow$ 4,00 ml (4,04 théor.).

A titre de vérification nous avons effectué les courbes de neutralisation (en trait discontinu sur la figure 1) des mêmes solutions que les précédentes dans lesquelles x ml Th $(NO_3)_4$ 0,0953 M étaient remplacés par $5x$ ml HNO_3 0,0953 M. On peut constater que les points d'équivalence obtenus sont confondus ou très voisins des points de transition précédents. La consommation des ions $CO_3^{=}$ par Th^{4+} pour former le complexe et la transformation d'une quantité cinq fois plus grande d'ion $CO_3^{=}$ en ions CO_3H^- par les ions H^+ sont donc des phénomènes qui se traduisent de façon identique sur la courbe de neutralisation.



Afin d'apprécier la rigueur de la méthode, nous avons indiqué sur la figure 1 (croix encerclées), les points de transition, relatifs aux conditions de la courbe c, qui devraient correspondre à la formation des ions complexes hypothétiques du type $[Th(CO_3)_4]^{4-}$ et $[Th(CO_3)_6]^{8-}$ ou bien $[Th(CO_3)_4(OH)_2]^{6-}$ avancé par Tolmachev ([3]), ou encore $[Th(CO_3)_4]_2^{8-}$ dont l'existence a été soutenue par Franck ([4]). On peut constater, sur la figure, que la précision expérimentale est suffisante pour faire un choix entre ces différents complexes et l'ion $[Th(CO_3)_5]^{6-}$ qui, seul, à notre avis, doit exister.

2° *Cas de l'ion basique* $[Th_4(OH)_8]^{8+}$. — D'après nos données cryoscopiques antérieures, l'ion thoricarbonate se formerait à partir de l'ion basique tétracondensé du thorium suivant l'équation (2). Lorsqu'on part

d'un mélange $CO_3^{=} + CO_3H^-$, en excès par rapport au thorium, un ion $[Th_4(OH)_8]^{8+}$ consomme donc 20 ions $CO_3^{=}$, mais libère simultanément huit ions OH^- qui réagissent sur les ions CO_3H^- pour les transformer en ion $CO_3^{=}$. Donc pratiquement un ion $[Th_4(OH)_8]^{8+}$ consomme $20 - 8 = 12$ ions $CO_3^{=}$.

On trouvera (*fig.* 2), les courbes de neutralisation du mélange :

$$14\,\text{ml}\,KHCO_3\,1\,M + 8\,\text{ml}\,KOH\,1\,M + 8\,g\,KNO_3\,\text{cristallisé} + x\,\text{ml}\,[Th_4(OH)_8](NO_3)_8\,0{,}0238\,M,$$

ramené à 50 ml et titré par HNO_3 0,8 M. Les courbes *a*, *b*, *c*, *d* et *e* correspondent à $x = 0$, 2,5, 5, 8 et 10. On voit facilement que les déplacements des points de transition (B, C, D, E) par rapport au point A sont conformes aux coefficients de réaction de l'équation (2).

Ainsi, pour $x = 5$ ml $[Th_4(OH)_8](NO_3)_8$ 0,0238 M, la quantité d'ions $CO_3^{=}$ consommés devrait correspondre théoriquement à 1,43 ml K_2CO_3 1 M, dont la neutralisation devrait être assurée par 1,79 ml HNO_3 0,8M. Le point de transition théorique C devrait donc être situé à $10 - 1{,}79 = 8{,}21$ ml HNO_3 1 M. On trouve expérimentalement : 8,20.

Comme dans le cas des ions neutres Th^{4+}, nous avons réalisé les courbes de neutralisation des mêmes solutions que les précédentes mais dans lesquelles x ml $[Th_4(OH)_8](NO_3)_8$ 0,0238 M étaient remplacés par $12\,x$ ml HNO_3 de même titre (courbes en trait discontinu). On peut constater, (*fig.* 2), que les points d'équivalence obtenus sont voisins des points de transition B, C, D, E. pour chaque valeur de x. Au cours de leurs transformations en thoricarbonate les ions $[Th_4(OH)_8]^{8+}$ consomment donc une quantité d'ions $CO_3^{=}$ équivalente à 12 ions H^+.

Enfin les points, signalés par une croix encerclée sur la figure 2, indiquent les points de transition calculés, pour $x = 5$, (courbe *c*) qui auraient dû correspondre aux complexes hypothétiques mentionnés plus haut. On voit que l'écart entre ces points de transition et le point de transition expérimental est bien supérieur à celui que pourraient engendrer d'éventuelles erreurs d'expériences. Ce dernier point de transition est donc bien caractéristique de l'ion $[Th(CO_3)_5]^{6-}$.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) J. Faucherre et J. Dervin, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2264.

(2) J. Faucherre, *Bull. Soc. Chim.*, 21, 1954, p. 253.

(3) Yu. M. Tolmachev, *Bull. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 320, 1944, p. 4.

(4) B. Franck, *Ann. Univ. Maria Curia* (Pologne), 11, 1956, p. 47.

(*Laboratoire de Chimie minérale, Faculté des Sciences de Reims.*)

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur la chélation du titane par les phénols substitués.* Note (*) de MM. **Henry Commerson**, **Michel Pâris** et **Jean-Claude Merlin**, présentée par M. Georges Champetier.

Les auteurs ont étudié les complexes obtenus avec l'ion Ti^{III} et l'aldéhyde salicylique, l'ion Ti^{III} et l'acide sulfo-5-salicylique. Ils ont travaillé en milieu hydroalcoolique. Ils ont tout d'abord déterminé par spectrophotométrie la constante de dissociation du groupement phénolique donnée par pK 8,52 en milieu hydroalcoolique à 10 % en volume d'éthanol. Le complexe entre Ti^{III} et l'aldéhyde salicylique a pour formule TiR et une constante de stabilité définie par pK 10,01 à 25°C pour $\mu = 0{,}5.10^{-2}$. Le complexe entre Ti^{III} et l'acide sulfosalicylique a pour formule TiR en milieu acide (pH 2,13). L'étude polarographique des mélanges Ti^{III}, Ti^{IV}, acide sulfo-5-salicylique montre que dans ce milieu à pH 2,13, le système Ti^{III}/Ti^{IV} est réversible. Les auteurs ont pu montrer que dans ces conditions le complexe entre Ti^{IV} et l'acide sulfo-5-salicylique est de la forme TiR_2. Au-dessus de pH 2,13, le composé répond à la formule $TiOR_2$.

La formation de complexes ou de chélates avec l'ion titane tétrapositif a été très étudiée, mais les mêmes dérivés du titane à la valence trois sont peu connus. Les auteurs exposent les résultats obtenus sur les complexes de l'ion Ti^{III} avec l'aldéhyde et l'acide sulfo-5 salicylique.

La nécessité d'éviter l'oxydation au cours des mesures nous a conduits à utiliser une boîte à gants remplie de gaz inerte (azote purifié sur four à cuivre) pour la préparation des solutions à partir de réactifs débarrassés de toute trace d'oxygène (eau distillée et refroidie sous courant d'azote). Les mesures étaient effectuées dans des récipients étanches garnis en atmosphère inerte.

Chélation par l'aldéhyde salicylique. — L'aldéhyde salicylique souvent utilisé comme agent chélatant pour les cations usuels (Fe^{III} en particulier) présente une faible solubilité en milieu aqueux; certains auteurs [(1), (2), (3)] travaillent dans les mélanges eau-solvants organiques miscibles à l'eau, ce qui nécessite de redéterminer les constantes de dissociation dans les conditions expérimentales utilisées.

Nous avons opéré en milieu hydroalcoolique (10 % d'éthanol en volume) pour étudier le complexe de titane, ce qui nous a conduits à redéterminer la constante de dissociation dans ce milieu. La méthode spectrophotométrique utilisée est analogue à celle employée par Agren (2) : on trace les variations de T_{RH}/D en fonction de $[H^+]$ (T_{RH} représente la quantité initiale d'aldéhyde salicylique RH introduite et D la densité optique à la longueur d'onde de 277 mμ où le groupe phénate R^- présente un maximum d'absorption).

On obtient une droite d'ordonnée à l'origine égale à $1/\varepsilon_{R^-}$ et de pente $1/K\varepsilon_{R^-}$, ε_{R^-} étant le coefficient d'extinction molaire de l'espèce dissociée, et K la constante de dissociation. Les mesures effectuées à 25°C, à une force ionique de 0,1 en milieu hydroalcoolique 10 % donnent un pK de 8,52.

Les mélanges aldéhyde salicylique-titane trivalent présentent une

coloration bleue évoluant par oxydation, vers le vert, puis le jaune. Dans l'intervalle 400-800 mμ, le spectre du complexe de titane trivalent accuse un maximum d'absorption très net à 618 mμ et un épaulement à 499 mμ. En travaillant sur la bande à 618 mμ, nous avons pu déterminer, par la méthode des variations continues de Job, que le complexe renfermait une molécule d'aldéhyde salicylique par ion titane, le maximum de la courbe de Job se situant très exactement à 50 %.

Pour déterminer la constante de dissociation du composé Ti R, nous avons utilisé une méthode analogue à celle qu'Agren ([3]) avait employée pour calculer la constante de dissociation de l'aldéhyde salicylique. Le détail des calculs a été donné par Kortüm ([4]). Rappelons simplement que si l'on trace les variations de $1/(\bar{\varepsilon} - \varepsilon_M)$ en fonction de $1/[R]^n$, on obtient une droite dont l'ordonnée à l'origine est $1/(\varepsilon_{MR_n} - \varepsilon_M)$ et dont la pente est $1/K(\varepsilon_{MR_n} - \varepsilon_M)$ ($\bar{\varepsilon}$, coefficient d'extinction molaire moyen; ε_M, coefficient d'extinction molaire de l'ion métallique; ε_{MR_n}, coefficient d'extinction molaire du complexe).

En travaillant à pH constant 1,40, pour éviter une hydrolyse éventuelle, nous avons pu ainsi obtenir le pK du composé TiR : pour une force ionique de $0,5.10^{-2}$ et 25°C, pK 10,01.

Chélation par l'acide sulfo-5 salicylique. — Les spectres d'absorption, dans le domaine visible, des sulfosalicylates de titane tripositif et tétrapositif ont été établis par Peshkova ([5]) pour Ti^{III} et par Sommer ([6]) pour Ti^{IV}. Nous avons retrouvé un maximum à 415 mμ avec épaulement à 490 mμ sur le spectre du sulfosalicylate de titane trivalent. Les mélanges de formes oxydée et réduite présentent un point isosbestique à 490 mμ. La bande à 415 mμ du complexe de Ti^{III} permet d'appliquer la méthode de Job; celle-ci conduit à la formule comportant une molécule d'acide complexant pour un ion Ti^{III}.

La polarographie appliquée au système Ti^{III}-Ti^{IV} en milieu sulfosalicylique et chlorure de potassium montre que le processus est réversible en milieu acide : d'une part la vague mixte du mélange des deux formes présente un potentiel de demi-vague identique à celui des vagues de réduction cathodique et d'oxydation anodique. D'autre part, la pente des droites : $\log i/(i_d - i) = f(E)$ pour différentes concentrations (de 5.10^{-3} à 10^{-1}) en acide sulfo-5 salicylique est de 0,060 correspondant à l'échange d'un électron dans le processus de décharge. Entre pH 1,54 et 2,13, l'étude du déplacement du potentiel de demi-vague en fonction de la concentration en acide sulfosalicylique donne une droite conduisant à $p - q = 1$ dans les équations de Lingane ([7]). Au-delà de pH 2,13, le pH intervient dans le déplacement de $E_{1/2}$. En fixant le pH à une valeur constante (2,79), on obtient à nouveau une droite correspondant à $p - q = 1$. On peut donc conclure, compte tenu du fait que nous avons montré précédemment par spectrophotométrie que nous avions TiR pour Ti^{III}, que jusqu'à pH 2,13,

le sulfosalicylate de titane tétrapositif répond à la formule TiR_2. Au-dessus de pH 2,13, les ions Ti^{IV} s'hydrolysent et l'on forme le composé $TiOR_2$.

Remarque. — Au cours de la rédaction de cette Note nous avons eu connaissance d'un travail voisin dont les hypothèses concernant la formule des sulfosalicylates de titane sont confirmées ici ([8]).

(*) Séance du 12 novembre 1962.
([1]) J. M. VANDENBELT, C. HEINRICH et S. G. VANDENBERG, *Anal. Chem.*, 25, 1954, p. 720.
([2]) A. AGREN, *Acta Chem. Scand.*, 9, 1955, p. 49.
([3]) D. D. PERRIN, *Nature*, 182, 1958, p. 741.
([4]) G. KORTUM, *Kolorimetrie, Photometrie, und Spektrometrie*, Springer Verlag, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1955, p. 34.
([5]) PESHKOVA et KIM KHEN RAK, *Vest. Moskov. Univ., Ser. Mat. Mekn. Astr. Fiz. Khim.*, 13, 1958, p. 187.
([6]) L. SOMMER, *Coll. Czechoslov. Chem. Communs*, 22, 1957, p. 453.
([7]) I. M. KOLTHOFF et J. J. LINGANE, *Polarography*, Interscience Publishers, New York, London, 1952, Part. I, p. 211.
([8]) KUAN PAN, ZUI FENG LIN et KAITEE SHIEH, *J. Chinese Chem. Soc.*, 5, 1958, p. 20.

(Laboratoire de Chimie minérale et de Chimie analytique de la Faculté des Sciences, 1, rue Raulin, Lyon.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'hydrogénation catalytique des quinones à l'état solide.* Note (*) de MM. **André Étienne**, **Georges Izoret** et **Jean-Pierre Zumbrunn**, présentée par M. Georges Champetier.

L'hydrogène désorbé du noir de palladium déposé sur tamis moléculaires réagit à froid sur certaines quinones à l'état solide pour donner les quinhydrones ou les hydroquinones correspondantes.

Parmi les méthodes de formation d'hydrogène atomique (ou activé), la transformation directe, à froid, de la molécule H_2 au moyen de palladium ne semble guère avoir été retenue. Elle mérite cependant qu'on y prête attention car des effets réducteurs observés à une certaine distance des centres activeurs indiquent la formation de quantités notables d'hydrogène actif. L'objet de cette Note est de le montrer par la réduction de certaines quinones à l'état solide.

Ainsi, des zéolithes utilisés comme tamis moléculaires (siliporite K. 10 CECA) imprégnés de noir de palladium à la teneur de 1 % (obtenu au moyen du chlorure de palladium réduit par le formol), présentent la propriété de provoquer dans une atmosphère d'hydrogène ordinaire la réduction à distance de quinones, cristallisées, en quinhydrones et même en hydroquinones.

L'expérience suivante est assez démonstrative (*fig.* 1 et 2).

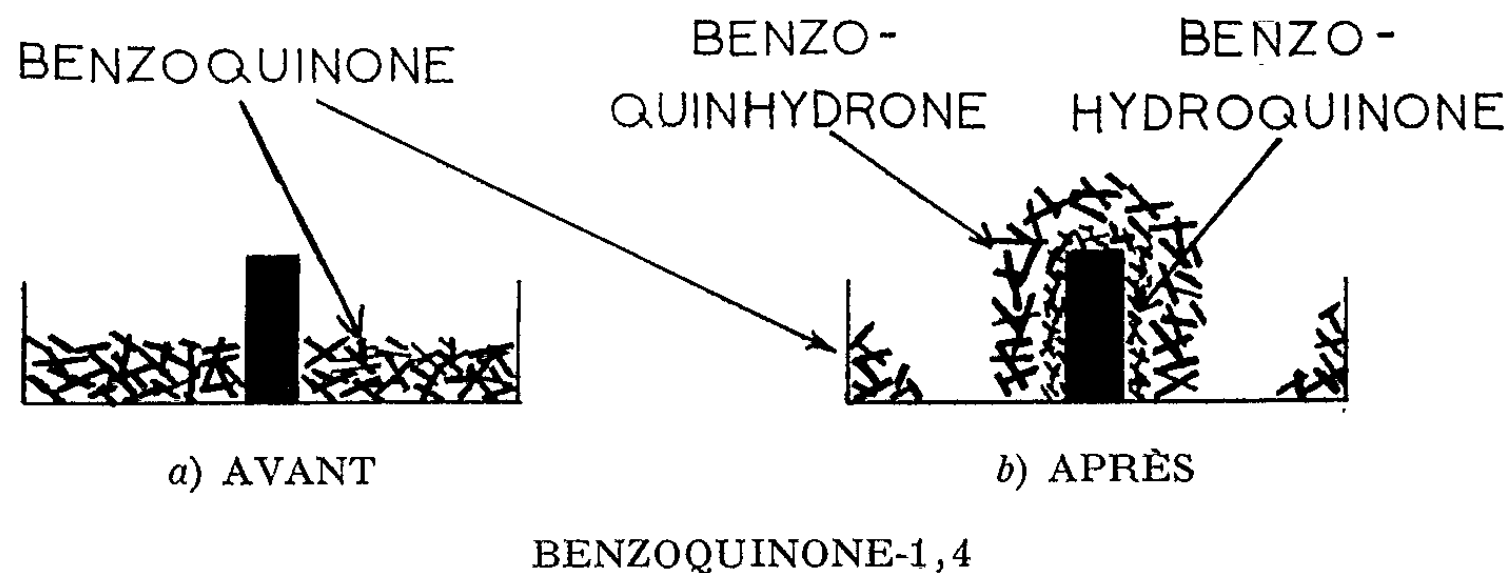
Un bâtonnet de siliporite palladiée (à 1 %), de dimensions approximatives : longueur : 5 mm; diamètre : 3 mm, est disposé verticalement dans une masse de cristaux de diverses quinones et l'ensemble est laissé en atmosphère d'hydrogène pendant plusieurs jours. Au bout d'un certain temps, variable avec les quinones essayées, on constate un approfondissement de la couleur des cristaux au voisinage du catalyseur, ce qui indique la réduction de la quinone en quinhydrone. L'action réductrice se poursuit progressivement en couches concentriques jusqu'à une certaine distance, laquelle est constante pour une quinone déterminée, quelle que soit la durée de l'expérience. Il y a là une hydrogénation par diffusion d'hydrogène actif sur une longueur qui définit ce qu'on peut appeler le *rayon limite d'action*.

Le phénomène est particulièrement net pour la benzoquinone, F_{inst} 112-114°. Ainsi, avec cette substance cristallisée, sèche ou imprégnée d'eau, sous un état de division quelconque (*fig.* 1 *a*), la réduction en quinhydrone bleu noir, F_{inst} 168-170°, a lieu en quelques heures. D'autre part, un phénomène inattendu se manifeste. Au bout de plusieurs jours, les particules de quinhydrone se trouvent rassemblées en une coque autour du bâtonnet (*fig.* 1 *b*); la touffe est formée par des particules d'hydroquinone, F_{inst} 170-172°, au voisinage du bâtonnet et de quinhydrone à une distance plus grande. Tout se passe comme si ce dernier avait attiré, à la manière

d'un aimant, des particules de quinone. L'attraction se produit jusqu'à une distance de l'ordre du centimètre.

Les mêmes phénomènes, bien que légèrement atténués ont lieu avec la dichloro-2.6 benzoquinone. Avec la tétrachlorobenzoquinone la réduction est beaucoup plus lente et on n'observe pas d'attraction.

Une hydrogénation est observée encore avec les benzologues : naphto et anthraquinones.



BENZOQUINONE-1,4

Fig. 1.

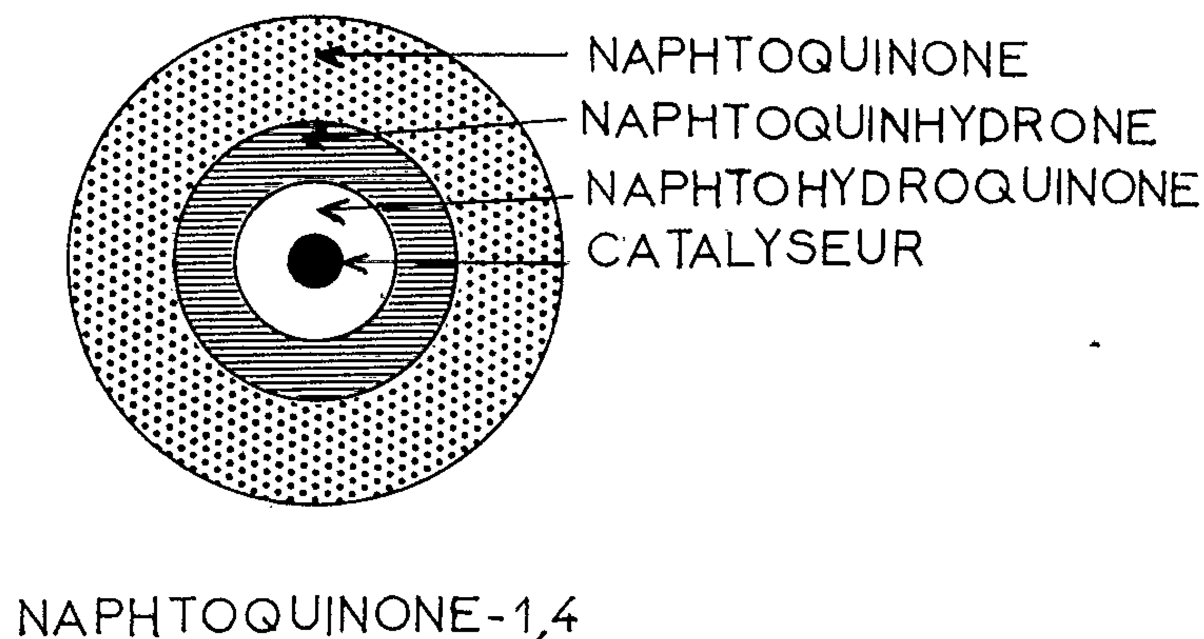


Fig. 2.

La naphtoquinone, F_{inst} 127-128°, est réduite aussi rapidement que la benzoquinone avec formation d'anneaux concentriques nettement séparés de naphtohydroquinone, incolore, F_{inst} 220-221°, et de naphtoquinhydrone bleue, F_{inst} 162-164° (*fig.* 2). Le rayon d'action est de 6 à 7 mm en 10 jours; il n'y a cependant pas, dans ce cas, d'attraction spéciale comme avec la benzoquinone.

Les anthraquinones sont moins réactives que les quinones précédentes, bien que ce soit avec ces corps que le phénomène ait été mis en évidence la première fois. En milieu humide, l'anthraquinone cristallisée est extrêmement peu réactive, tandis que ses dérivés méthylé et éthylé en 2 donnent

une réaction décelable facilement. Ce dernier corps, l'éthyl-2 anthraquinone, fournit de l'éthyl-2 anthraquinhydrone (rayon d'action de 6 mm au bout de 9 jours). Signalons encore que les hydroxy-1 et 2 anthraquinone sont peu réactives et que la quinizarone est totalement inerte.

Pour mémoire, mentionnons aussi que certains colorants de cuve (flavanthrène, indigo) et la phénazine ne donnent que des réactions extrêmement lentes.

Enfin pour terminer, signalons que certaines résines anthraquinoniques telles que les polymères d'acétalisation de l'alcool polyvinylique par la formyl-2 anthraquinone ([1]) donnent aussi le phénomène; il est à noter que celui-ci est encore décelable lorsqu'on interpose un écran de papier filtre mince entre la résine et le catalyseur, indice d'une diffusion d'hydrogène actif à partir de l'activeur.

En conclusion, nous pouvons annoncer que les expériences qualitatives relatées ci-dessus montrent que l'hydrogène actif, formé à partir d'hydrogène moléculaire sur certains catalyseurs au palladium, est capable de diffuser à une certaine distance de son lieu de production et que la recombinaison des atomes d'hydrogène actif est entravée par la présence d'eau. Ces résultats sont à rapprocher de ceux déjà publiés par d'autres auteurs qui se rapportent à l'activité réductrice de l'hydrogène actif obtenu par électrolyse et désorbé par le palladium métallique ([2]).

Il est impossible de donner des explications théoriques des faits signalés sans entreprendre des études physicochimiques spéciales.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

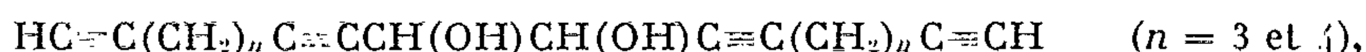
([1]) A. ÉTIENNE et G. IZORET, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2111.

([2]) J. BÉNARD et P. ALBERT, *J. Chim. phys.*, 47, 1950, p. 449.

(*Laboratoire de Chimie industrielle, Conservatoire national des Arts et Métiers, Paris,* 3e.)

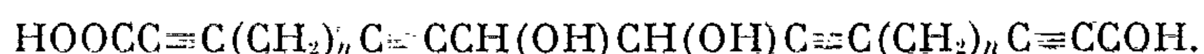
CHIMIE ORGANIQUE. — *Recherches sur les α-glycols à deux fonctions acétyléniques vraies.* Note (*) de MM. **Roland Epsztein** et **Serge Holand**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les deux paires de α-glycols tétraacétyléniques diastéréoisomères



$$HC{\equiv}C(CH_2)_nC{\equiv}CCH(OH)CH(OH)C{\equiv}C(CH_2)_nC{\equiv}CH \qquad (n = 3 \text{ et } 4),$$

résultant de la réduction duplicative des aldéhydes : $HC{\equiv}C(CH_2)_nC{\equiv}CCHO$ ont pu être séparées, en soumettant à la chromatographie sur alumine le mélange de dioxolannes qu'elles donnent avec l'acétone. Ces glycols se laissent carbonater en diacides :

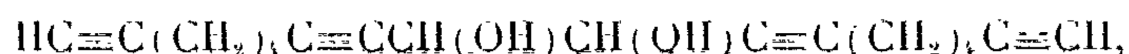


$$HOOCC{\equiv}C(CH_2)_nC{\equiv}CCH(OH)CH(OH)C{\equiv}C(CH_2)_nC{\equiv}CCOH.$$

Dans des travaux antérieurs de notre laboratoire (1) la préparation des α-glycols diacétyléniques de formule générale : $RC{\equiv}CCH(OH)CH(OH)C{\equiv}CR$ par condensation des magnésiens acétyléniques avec le glyoxal, a été décrite. Nous avons pu, plus tard, séparer les deux formes diastéréoisomères présentes dans le produit de la réaction, en traitant celui-ci par l'acétone et en soumettant le mélange de dioxolannes ainsi obtenu à la chromatographie sur alumine (2).

Rappelons que Piaux et Durand (3) avaient réalisé la synthèse de glycols du même type, par réduction duplicative d'aldéhydes α-acétyléniques. Mais, alors que dans notre cas, l'isomère prédominant était le racémique, les produits obtenus par ces auteurs étaient surtout les glycols méso.

Nous avons par la suite effectué la réduction duplicative du nonadiyne-2.8 al, $HC{\equiv}C(CH_2)_4C{\equiv}CCHO$, et avons isolé, avec un rendement de 30 %, un α-glycol tétraacétylénique de configuration méso,



$$HC{\equiv}C(CH_2)_4C{\equiv}CCH(OH)CH(OH)C{\equiv}C(CH_2)_4C{\equiv}CH,$$

fondant à 66°, à côté d'une quantité importante de produit huileux (4).

Supposant que celui-ci renfermait les deux formes diastéréoisomères de ce glycol, il nous a semblé intéressant, ici aussi, de tenter la séparation par voie chromatographique.

Nous avons donc condensé cette huile avec l'acétone, ce qui nous a conduits à un produit distillant vers 100-110° sous 10^{-4} mm de mercure que nous avons fait passer sur une colonne d'alumine. Comme dans le cas des glycols obtenus avec le glyoxal, nous avons pu ainsi séparer, en éluant successivement à l'éther de pétrole puis à l'éther, deux fractions.

La première, hydrolysée, nous a donné, après des recristallisations répétées dans un mélange d'éther et d'éther de pétrole, une substance fondant à 61-62°, dont la composition est la même que celle du glycol méso cité plus haut, mais qui donne un abaissement de point de fusion par mélange avec celui-ci. Par hydrogénation catalytique, ce corps a fourni, après absorption de la quantité théorique d'hydrogène, l'octa-

décanediol-9.10 racémique, F 77-78°, déjà décrit (3). Il s'agissait donc du α-glycol tétraacétylénique



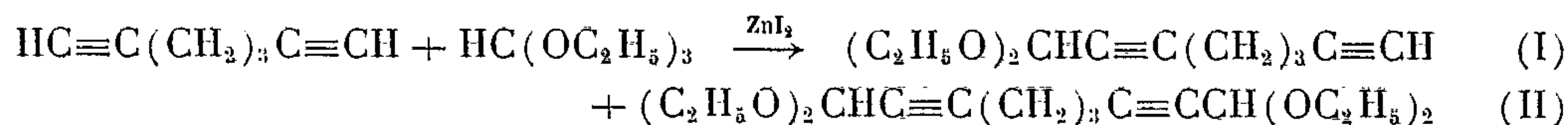
$$HC{\equiv}C(CH_2)_4C{\equiv}CCH(OH)CH(OH)C{\equiv}C(CH_2)_4C{\equiv}CH \text{ racémique.}$$

La seconde fraction, traitée de la même façon, a fourni une nouvelle quantité de glycol méso (F 66°).

Nous nous sommes alors proposé de préparer d'autres termes de cette série nouvelle de α-glycols tétraacétyléniques. Nous avons donc entrepris de réaliser la synthèse, comme produit intermédiaire, de l'octadiyne-2.7 al, $HC{\equiv}C(CH_2)_3C{\equiv}CCHO$.

Dans ce but, nous avons condensé l'heptadiyne-1.6 avec l'orthoformiate d'éthyle, suivant la méthode de Howk et Sauer (6).

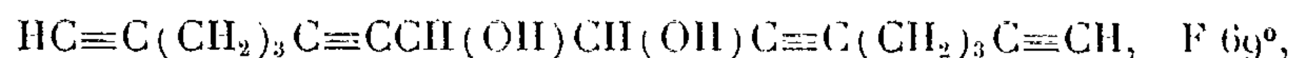
En utilisant, ainsi que nous l'avions déjà fait pour l'octadiyne-1.7 (4), un excès d'acétylénique, nous avons pu obtenir, comme produit principal, avec un rendement de 45 %, le diéthoxy-1.1 octadiyne-2.7 (I), $\text{É}_{0,15}$ 65-66°, n_D^{20} 1,4560, à côté de 15 % de tétraéthoxy-1.1.9.9 nonadiyne-2.7 (II), $\text{É}_{10^{-4}}$ 90°, n_4^{20} 1,4645.



$$HC{\equiv}C(CH_2)_3C{\equiv}CH + HC(OC_2H_5)_3 \xrightarrow{ZnI_2} (C_2H_5O)_2CHC{\equiv}C(CH_2)_3C{\equiv}CH \quad (I)$$
$$+ (C_2H_5O)_2CHC{\equiv}C(CH_2)_3C{\equiv}CCH(OC_2H_5)_2 \quad (II)$$

Par hydrolyse au moyen d'acide oxalique, le diéthoxy-1.1 octadiyne-2.7 (I) a fourni, avec un bon rendement, l'octadiyne-2.7 al, $HC{\equiv}C(CH_2)_3C{\equiv}CCHO$, É_{10} 83°, n_D^{20} 1,4850, dinitrophénylhydrazone, F 63-64°. A partir du tétraéthoxy-1.1.9.9 nonadiyne-2.7 (II), nous avons obtenu directement la bis-dinitrophénylhydrazone du nonadiyne-2.7 dial, F 179°. Hydrogénés en présence de nickel Raney, les deux acétals acétyléniques (I) et (II) donnent, après absorption de la quantité théorique d'hydrogène, les dérivés saturés correspondants, respectivement le diéthoxy-1.1 octane déjà décrit (7) et le tétraéthoxy-1.1.9.9 nonane, $(C_2H_5O)_2CH(CH_2)_7CH(OC_2H_5)_2$, $\text{É}_{10^{-4}}$ 83-88°, n_D^{20} 1,4335. Les mono- et bis-dinitrophénylhydrazones des aldéhydes correspondants, préparés directement à partir des acétals, fondent respectivement à 105° (8) et 165°.

L'octadyine-2.7 al réduit selon la méthode de Piaux et Durand (3), a donné le glycol attendu, l'hexadécatétrayne-1.6.10.15 diol-8.9, méso,



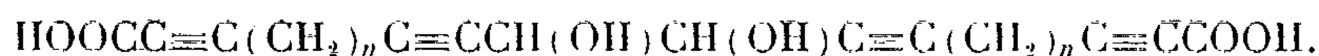
$$HC{\equiv}C(CH_2)_3C{\equiv}CCH(OH)CH(OH)C{\equiv}C(CH_2)_3C{\equiv}CH, \quad F\ 69°,$$

avec un rendement de 30 %. Par hydrogénation catalytique, il a conduit à l'hexadécanediol-8.9 méso F 127° (3).

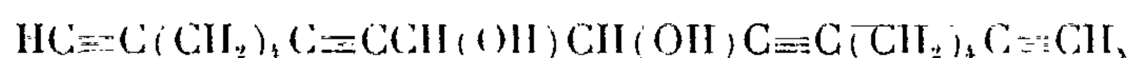
Le reste du produit de la réduction duplicative est constitué, comme dans le cas de l'homologue supérieur, par une huile. Celle-ci, traitée par l'acétone, a donné un produit $\text{É}_{10^{-4}}$ vers 100°, qui, par chromatographie sur alumine, a pu être séparé également en deux fractions. La première a donné, par hydrolyse, après des recristallisations répétées, une petite quantité d'un produit de même composition que le glycol méso, fondant

également à 69°, mais qui donne un abaissement de point de fusion par mélange avec celui-ci. En présence de nickel Raney, ce composé absorbe 8 mol d'hydrogène. Il semble donc bien être l'hexadécatétrayne-1.6.10.15 diol-8.9 racémique. La seconde fraction, traitée de la même façon, nous a conduits au glycol méso (F 69°).

Nous avons également abordé une étude sur les réactions de ces α-glycols deux fois acétyléniques vrais. En premier lieu, nous avons voulu voir s'il était possible de préparer, à partir de ces composés, les diacides glycols tétraacétyléniques de formule



Effectivement, nous avons constaté que l'octadécatétraynediol méso,



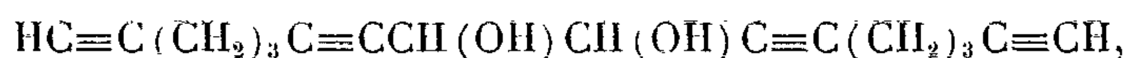
transformé en dérivé magnésien dans le tétrahydrofuranne, peut être carbonaté, conduisant à l'eicosatétrayne-2.8.12.18 diol-10.11 dioïque :



En présence de nickel Raney, ce composé absorbe 8 mol d'hydrogène, fournissant le dérivé saturé, l'eicosanediol-10.11 dioïque :



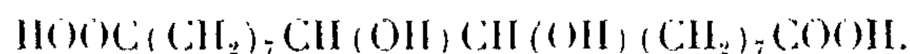
De même, avec l'hexadécatétraynediol méso,



nous avons obtenu l'octadécatétrayne-2.7.11.16 diol-9.10 dioïque :



et, par hydrogénation catalytique de ce dernier, le diacide saturé correspondant, F 158°, qui s'est révélé identique à l'acide isophloïonique [9],



Ces recherches sont poursuivies.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

[1] M. Koulkes et I. Marszak, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 785 et 829.

[2] S. Holand et R. Epsztein, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1633.

[3] L. Piaux et M. Durand, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1774.

[4] R. Epsztein, S. Holand et I. Marszak, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1803.

[5] R. Criegee, E. Höger, G. Huber, P. Kruck, F. Marktscheffel et H. Schellenberger, *Lieb. Ann.*, 599, 1956, p. 81-125.

[6] B. W. Howk et J. C. Sauer, *J. Amer. Chem. Soc.*, 80, 1958, p. 4607.

[7] I. J. Rinkes, *Rec. Trav. Pays-Bas*, 45, 1926, p. 819.

[8] F. H. Allen, *J. Amer. Chem. Soc.*, 52, 1930, p. 2957.

[9] G. Dupont, R. Dulou et J. Cohen, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 875.

(*Centre National de la Recherche Scientifique*
et *Institut National de Recherche chimique appliquée*.)

MINÉRALOGIE. — *Synthèse hydrothermale de la gehlénite* $Ca_2Al_2SiO_7$. Note de M[me] **Mireille Christophe-Michel-Lévy**, présentée par M. Jean Wyart.

La gehlénite peut se former dès 450° dans un mélange de silice, alumine, carbonate de calcium, sous une pression de vapeur d'eau de l'ordre de 500 bars.

La gehlénite est un aluminosilicate de calcium qu'on trouve fréquemment dans les produits céramiques. Par contre, elle est rare dans la nature où elle existe dans les calcaires ayant subi le métamorphisme de contact dû à des intrusions mineures. Parmi les gisements les mieux étudiés, citons ceux de Monzoni (Tyrol), Scawt Hill (Irlande) ([1]), Tokatok (Nouvelle-Zélande) ([2]).

Lors de la cuisson des mélanges kaolinite-calcite, la gehlénite cristallise à partir de 870°, à température plus basse que l'anorthite ([3]).

Au cours d'une série d'expériences de cristallisations hydrothermales dans le système SiO_2-Al_2O_3-$CaCO_3$, nous avons utilisé le montage suivant : le mélange de silice et d'alumine amorphes et de carbonate de calcium est placé dans un tube de cuivre disposé au-dessus d'une nacelle contenant de la chaux. Ce dispositif est installé dans un autoclave d'une capacité de 40 ml. Ainsi, au fur et à mesure de la cristallisation d'aluminosilicates de calcium dans le tube supérieur, le gaz carbonique dégagé par la décomposition de $CaCO_3$ se combine dans le tube inférieur avec la chaux. Le CO_2 est éliminé dès sa formation et nous pouvons obtenir une cristallisation complète du mélange silice-alumine-carbonate de calcium.

Un mélange correspondant à $3\,SiO_2 : Al_2O_3 : 3\,CaCO_3$ soumis à une température de 500°C sous une pression de vapeur d'eau de 1000 bars permet d'obtenir du grenat grossulaire et de l'idocrase; dans le tube inférieur on trouve un mélange de calcite et de portlandite $Ca(OH)_2$, celle-ci bien cristallisée en tablettes hexagonales.

A pression de vapeur d'eau moitié moindre, soit 500 bars, de l'anorthite $CaAl_2Si_2O_8$ et de la gehlénite se sont formées. Une partie de la silice a gagné le fond de l'autoclave où elle s'est combinée avec la chaux, donnant des fibres de wollastonite $CaSiO_3$. Nous avons voulu voir dans quelle mesure la formation de ces minéraux dépendait de la teneur en silice : lorsqu'on augmente la proportion de silice ($4\,1/2\,SiO_2 : Al_2O_3 : 3\,CaCO_3$) il se forme surtout de l'anorthite et l'on trouve beaucoup de wollastonite dans le fond de l'autoclave; lorsqu'on diminue la teneur en silice ($2\,SiO_2 : Al_2O_3 : 3\,CaCO_3$) la gehlénite se forme très abondamment en plaquettes octogonales et nous avons pu en obtenir un diagramme de rayons X pur indiquant une bonne cristallisation.

A 450°, nous trouvons encore un peu de gehlénite; enfin, signalons qu'en utilisant les proportions exactes de la gehlénite ($SiO_2 : Al_2O_3 : 2\,CaCO_3$) sans élimination du CO_2, il est possible d'obtenir la gehlénite mais en faible quantité.

La présence de gehlénite et d'autres silicates de calcium dans les contacts calcaires-roches éruptives était attribuée jusqu'ici à l'existence de conditions géologiques spéciales : métamorphisme à température élevée, supérieure à 800°C, avec refroidissement relativement rapide, en bordure d'intrusions peu importantes. Nos expériences montrent qu'il n'y a pas nécessairement régné une température particulièrement élevée, mais que ces intrusions ont probablement eu lieu dans des zones superficielles sous pression modérée et avec départ possible de la vapeur d'eau et du gaz carbonique.

(1) C. E. TILLEY, *Minér. Mag.*, 22, 1929, p. 77-86.
(2) B. MASON, *Amer. Miner.*, 42, 1957, p. 379-392.
(3) PÉRINET, *Bull. Soc. franç. Minér. Cristall.*, 85, 1962, p. 120-122.

(Laboratoire de Minéralogie, Sorbonne, 1, rue Victor-Cousin, Paris, 5e.)

CRISTALLOGRAPHIE. — *Observations sur la déformation des cristaux de fluorure de lithium dans des milieux de résistivités électriques variées.* Note de M. **Claude Dupuy**, présentée par M. Jean Wyart.

Dans une Note précédente [1] nous avions indiqué une méthode mettant en évidence l'apparition de charges électriques importantes à la surface de cristaux ioniques lors de leur déformation. Si l'on admet que dans ces cristaux les dislocations sont chargées négativement [2], on peut penser que, lors de la déformation plastique, l'accumulation de charges négatives en surface, au point d'émergence des dislocations concentrées le long des plans de glissement, aura une influence sur l'évolution de cette déformation. Les charges négatives superficielles pourraient par exemple repousser les dislocations suivantes. Les conditions d'écoulement des charges superficielles et, par conséquent, la conductibilité électrique du milieu ambiant devraient intervenir dans la déformation plastique.

Nos expériences ont porté essentiellement sur LiF qui présente l'avantage d'être insoluble dans la plupart des solvants usuels. Nous avons utilisé des liquides, sans action sur les cristaux, et de résistivités ρ croissantes. Dans d'autres expériences nous avons métallisé par évaporation thermique dans le vide une couche d'or épaisse d'environ 250 Å à la surface des cristaux pour leur donner une résistivité négligeable.

Des essais de flexion ont été effectués sur des éprouvettes rectangulaires limitées par des faces $\{100\}$ obtenues par clivage, ayant en moyenne $25 \times 6 \times 2$ mm, reposant sur deux cylindres en corindon ou en acier; l'effort s'exerçait au centre par un cylindre de même nature. La descente du cylindre central s'effectuait à une vitesse constante de 0,05 mm/mn ou dans certains cas de 5 mm/mn; l'effort, mesuré par une jauge de contrainte, était enregistré en fonction du temps. La machine était du même type que celle utilisée par Gilman [3]. La figure 1 montre les deux types de courbes obtenues. Pour rendre les résultats comparables, nous avons calculé, en supposant applicables les lois de l'élasticité, la contrainte maximale σ supportée par la fibre externe de l'échantillon, ε étant la déformation en ce point; σ_B, σ_C, σ_R et σ_I désignent les valeurs de σ aux points B, C, R et I et elles sont exprimées en grammes par millimètre carré. Ces valeurs sont les valeurs moyennes calculées sur N échantillons.

Nos résultats sont résumés dans le tableau suivant. Chaque série porte sur des éprouvettes prélevées sur un même cube de LiF dont nous avons supposé la composition uniforme.

De nouvelles expériences ont été faites sur des échantillons polis chimiquement. Dans ce cas non plus, il n'apparaît pas de différences significatives en fonction de la résistivité du milieu. Dans les conditions où nous avons opéré, l'écoulement des charges apparaissant lors de la déformation

1re série.

Vitesse : 0,05 mm/mn.
Couteaux métalliques.
Cristaux recuits : 75 mn à 700°.

Milieu.	ρ.	σ_B.	σ_C.	σ_R.	N.
1.....	10^5	785	745	1 258	3
2.....	10^8	773	749	1 116	3
3.....	10^{11}	782	749	1 530	3
4.....	10^{15}	772	716	1 067	3
5.....	10^{16}	777	735	1 149	3
7.....	10^{18}	760	709	1 443	3

3e série.

Vitesse : 5 mm/mn.
Couteaux en corindon.
Cristaux recuits : 120 mn à 700°.

Milieu.	σ_I.	σ_R.	N.
1.....	1 732	2 435	3
2.....	1 636	2 110	3
3.....	1 709	1 937	3
4.....	1 626	2 275	3
5.....	1 533	2 096	3
7.....	1 642	2 060	3

Milieux utilisés : 1, alcool éthylique; 2, mélange 12% alcool éthylique-88% xylène; 3, mélange 4% alcool éthylique-96% xylène; 4, xylène; 5, essence C de pétrole; 6, pétrole lampant; 7, benzène.

2e série.

Vitesse : 5 mm/mn.
Couteaux métalliques.
Cristaux recuits : 120 mn à 700°.

Milieu.	σ_I.	σ_R.	N.
1............	1 531	1 805	3
4............	1 910	2 363	3
6............	1 869	2 588	3

4e série.

Vitesse : 5 mm/mn.
Couteaux en corindon.
Cristaux recuits : 120 mn à 700°.

Milieu.	σ_I.	σ_R.	N.
5............	5 279	5 372	2
5 + H_2O.. ..	4 916	5 015	2
5 + carbone...	5 382	5 472	2

Les écarts entre résultats obtenus avec des milieux de résistivités très différentes sont inférieurs à l'écart correspondant à des expériences effectuées avec un même liquide. Ils ne sont donc pas significatifs.

plastique d'un cristal ne semble donc jouer aucun rôle sur les propriétés mécaniques. Nous avons confirmé ce fait par des expériences sur des échantillons métallisés.

Nous avons étudié ensuite la relaxation des contraintes en fonction du temps pour une flexion constante. La courbe de relaxation présente la forme indiquée sur la figure 2. Les résultats obtenus, soit dans l'air humide, soit dans l'essence C, soit avec des cristaux métallisés ne présentent pas de différences significatives.

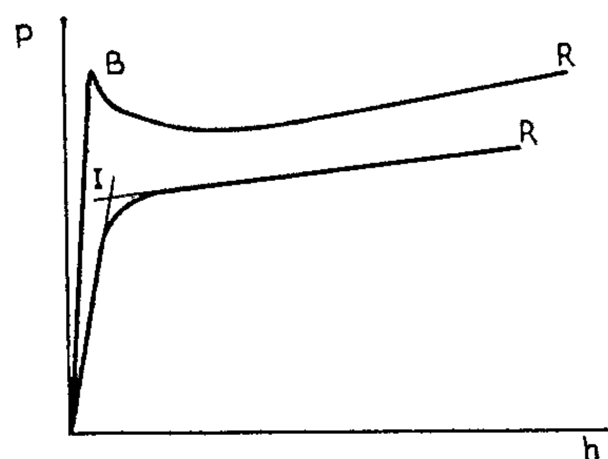


Fig. 1.

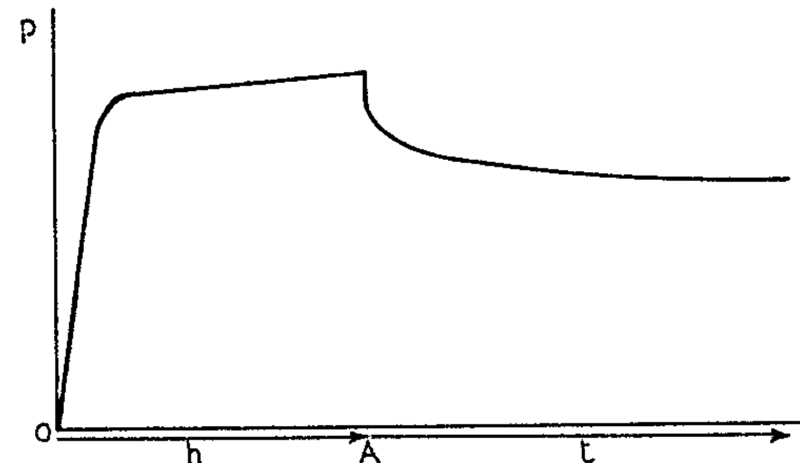


Fig. 2.

Fig. 1. — Déformation en flexion d'un cristal de LiF. En trait plein : type de courbe le plus fréquemment rencontré. En trait pointillé : type rencontré pour des échantillons ayant un certain taux d'impuretés. En abscisse : *h*, flèche de l'éprouvette; B, limite élastique supérieure; C, limite élastique inférieure; R, point de rupture; I, limite élastique théorique.

Fig. 2. — En abscisse : Jusqu'au point A, flèche *h* de l'éprouvette. Au-delà, le temps *t* en minutes, A étant pris comme origine des temps. En ordonnée : P effort exercé.

Ceci nous a amené à penser que dans les expériences précédentes le rapport surface/volume était trop petit pour que l'effet cherché soit décelable. Nous avons fait de nouvelles mesures en utilisant un microduromètre à pointe de diamant dans l'air et l'essence C. La pointe était chargée d'une masse de 300 g. Sur une face (100), la diagonale de l'empreinte était parallèle à [001] ou à [011], sa profondeur était de 30 à 40 μ. C'est donc uniquement la plasticité d'une couche très superficielle du cristal qui intervenait. Les résultats ont été identiques dans les deux milieux.

Il semble donc que dans nos expériences la résistivité électrique du milieu ne joue qu'un rôle négligeable sur la plasticité des cristaux de fluorure de lithium.

(1) H. SAUCIER et C. DUPUY, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1039.

(2) H. G. VAN BUEREN, *Philips techn. Rev.*, 22, n° 11, 1960-1961, p. 362.

(3) J. J. GILMAN et W. G. JOHNSTON, *The origin and growth of glide bands in lithium fluoride crystals* (*Dislocations and mechanical properties of crystals*, John Wiley and Sons, New-York, 1957).

(*Laboratoire de Minéralogie et Pétrographie, Faculté des Sciences, Strasbourg.*)

GÉOLOGIE. — *Sur la nature et l'âge des sédiments liasiques dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais).* Note (*) de MM. **Antoine Bonte** et **Jean-Pierre Laveine**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Sous un Bathonien calcaire et un Bajocien calcaréo-gréseux, le Lias est représenté par des argiles rapportées à la limite Dogger-Lias, des calcaires gréseux du Charmouthien, des grès et argiles noires avec lignite attribuée à la limite Lias-Trias.

La nature du sous-sol profond de Boulogne-sur-Mer a été reconnue en 1960 à l'occasion d'une recherche d'eau ([1]). Le forage avait été arrêté à 298 m dans des argiles gris clair finement micacées, à filets sableux ou gréseux, qui avaient été rapportées à l'Infralias parce qu'elles étaient surmontées de 2 m environ de Lias marin à Bélemnites.

Récemment un examen approfondi de la dernière carotte a montré que des filets sablo-gréseux, inclus dans les argiles gris clair, renfermaient des grains de charbon; en particulier le dernier tronçon de 4 cm était formé par un grès à stratification entrecroisée, de type houiller, présentant en délits de nombreux grains anguleux de charbon. L'analyse palynologique de ces grains a fourni, sur un total de 94, 92 spores caractéristiques du Carbonifère et probablement du Westphalien B.

On pouvait dès lors penser que les derniers mètres résultaient de l'altération d'un Houiller proche et reposaient même à 297,96 sur le Grès houiller.

Malgré les risques de toutes sortes que comportait l'opération, il fut décidé d'approfondir le forage dans l'espoir d'augmenter les ressources en eau. L'approfondissement fut limité à 26 m pour des raisons techniques, mais il apporta néanmoins des résultats très importants.

De 298 à 308,20, après 1 m d'argiles gris clair, analogues à celles qui précédaient la reprise, on traversa des marnes et calcaires plus ou moins pyriteux, à grains charbonneux, avec lits fossilifères, notamment *Astarte striatosulcata* et Entroques.

A 308,20, légère discordance de stratification. Dès cette profondeur les sédiments, jusque-là carbonatés, ne font plus effervescence que localement.

De 308,20 à 324, on rencontra ensuite des grès argilo-sableux brunâtres, à débris végétaux hachés, et des grès plus ou moins grossiers, aquifères, avec un passage carbonaté à 321,50 encadré par deux lits fossilifères (Lamellibranches). Plusieurs passages charbonneux ont été observés; une couche de « houille » a même été carottée (322,20 à 322,60) surmontant une vingtaine de morceaux de même nature, ce qui donne une épaisseur approximative de 0,60 à 0,80 au moins; enfin le pied de la dernière carotte était encore constitué par une rondelle de charbon de 0,03 d'épaisseur, annonçant peut-être une nouvelle couche.

La présence de nombreux débris de plantes, indéterminables pour le

moment, la présence de plusieurs filets charbonneux et d'une couche de « houille » relativement épaisse semblaient justifier, malgré leur faible consolidation, les prévisions relatives à l'existence du Carbonifère en profondeur. Mais l'étude palynologique devait apporter des surprises.

Deux prélèvements ont été effectués : l'un dans les argiles situées immédiatement sous la discontinuité signalée à 308,20; l'autre dans la couche de charbon vers 322,60. Le premier prélèvement, de beaucoup le plus riche, a révélé la présence de *Classopollenites* dans la proportion de 80 % et, pour le reste, de *Deltoidisporites*, *Vitreipollenites*, *Auritulinisporites*, *Lycopodiacidisporites*, *Densoisporites*, *Monosulcipollenites*, suivant la terminologie proposée récemment (2).

Classopollenites présente deux maximums : un à la limite Trias-Lias, l'autre à la limite Jurassique-Crétacé; en particulier *Classopollenites groupe I* Rogalska caractérise le Trias et le début du Lias. *Auritulinisporites* est un genre rhéto-liasique; *Lycopodiacidisporites kuepperi* Klauss a été découverte dans le Carnien des Alpes; les autres genres sont répartis pratiquement dans tout le mésozoïque.

Les grès et argiles à plantes et à lits de charbon doivent être attribués probablement au Rhétien et seraient l'équivalent des grès et schistes connus dans l'Est du bassin de Paris, bien que sous un faciès un peu différent.

Au-dessus du Rhétien et séparé par une légère discordance, consécutive à une longue lacune, le Charmouthien est transgressif au niveau de la zone à *Astarte striatosulcata* (Carixien supérieur à *P. davæi*) comme dans la région d'Hirson.

Les argiles gris clair, attribuées précédemment à l'Infralias (1) surmontent en réalité le Charmouthien. On a vu qu'elles renfermaient des lits gréseux à grains de charbon remaniés du Westphalien; mais l'argile elle-même a livré au palynologiste, de façon prédominante, des spores de *Circularesporites* (*Aneuletes*) *patera* Harris admirablement conservées, qui caractérisent la limite Lias-Dogger.

Dans ces conditions l'attribution stratigraphique des différents horizons traversés par le sondage de Boulogne est la suivante à partir de la limite Callovien-Bathonien :

228,50 à 258,55 : Bathonien marin;
258,55 à 296,70 : Bajocien marin;
296,70 à 299,20 : Aalénien-Toarcien (lacustre ?);
299,20 à 308,20 : Charmouthien marin;
308,20 à 324 (fin) : Rhétien (laguno-lacustre ?).

Cette répartition permet de donner une signification à l'*inconnu de Wirwignes* (3) où la sonde, partant de la base du Séquanien, avait atteint le socle à 230 m, soit 90 m plus bas qu'on aurait pu le supposer. Au sondage de Boulogne, en partant du même niveau, on a traversé 223,20 m de sédiments sans toucher le substratum paléozoïque.

La présence du Lias dans le Boulonnais était connue depuis longtemps [4] et la ville de Boulogne se trouve dans l'axe du golfe dessiné en 1922 par P. Pruvost. Mais, pour la première fois, la traversée en carottage continu de ces assises inconnues à l'affleurement permet de préciser leur nature et leur âge.

Outre la présence d'un Bajocien, maintenant établie depuis les sondages des Houillères du Nord et du Pas-de-Calais [5], la transgression charmouthienne, la présence d'un Rhétien charbonneux, sont autant d'éléments nouveaux apportés par ce sondage pour la paléogéographie du Nord du bassin de Paris.

Mais il reste bien des inconnues : quelle est l'épaisseur du Rhétien ? qu'y a-t-il sous ce Rhétien ? enfin, du point de vue structural, quelle est la signification de ce golfe de la Liane dans lequel les sédiments semblent s'épaissir et qui est limité rapidement au Sud par le sondage de Samer ? On peut espérer que de prochains sondages apporteront des éléments nouveaux.

Les carottes du sondage de Boulogne ont été entreposées intégralement au Laboratoire de Lille et feront l'objet ultérieurement d'études détaillées.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) A. BONTE, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2739.

(2) P. CORSIN, J. CARETTE, J. DANZE et J. P. LAVEINE, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3062.

(3) J. GOSSELET et G. DUBOIS, *Assises crétaciques et tertiaires*, 5, 1922, p. 58.

(4) P. PRUVOST, *Ann. Soc. géol. Nord*, 47, 1922, p. 32 et A. BONTE, *Ibid.*, 61, 1936, p. 102.

(5) A. BOUROZ et A. BONTE, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2556.

(*Laboratoire de Géologie appliquée, Faculté des Sciences, Lille.*)

GÉOLOGIE. — *Les principaux accidents du massif cristallin du Grand-Châtelard (Savoie) et les relations du socle et de sa couverture sédimentaire.* Note (*) de Mme **Nicole Vatin-Pérignon**, transmise par M. Léon Moret.

L'étude tectonique du massif du Grand-Châtelard met en évidence plusieurs directions d'accidents dont deux principales : l'une ancienne Nord-Nord-Est - Sud-Sud-Ouest, l'autre plus récente Nord-Est - Sud-Ouest, qui, par leur activité importante lors des mouvements alpins, sont à l'origine de l'agencement actuel du socle hercynien et de sa couverture sédimentaire.

Le massif cristallin du Grand-Châtelard (près de Saint-Jean-de-Maurienne) est constitué, dans ses grandes lignes, par une série cristallophyllienne ancienne (micaschistes, gneiss et amphibolites), redressée, à pendage sud-est et fortement contaminée (faciès de granitisation ressemblant à des migmatites) par un granite syntectonique écrasé et concordant avec elle. La couverture sédimentaire est, à l'Est, discordante sur le socle, au Sud, pincée tectoniquement dans le cristallin, à l'Ouest, renversée sous la série cristallophyllienne.

Les différents accidents affectant ce massif et sa couverture montrent l'existence de plusieurs directions tectoniques. La plus marquante et aussi la plus ancienne est la direction Nord-Nord-Est - Sud-Sud-Ouest (Nord 20° Est en moyenne) correspondant à la structure isoclinale régulière du socle. Elle est restée, en général, nettement indiquée par la schistosité du cristallophyllien et de certains de ses faciès de contamination ainsi que par les zones d'écrasement du granite.

Au Sud du massif, la direction de l'accident du plateau des Chamossières, pinçant, le long d'une faille située immédiatement à l'Ouest du point culminant, une bande de calcaires roux et des spilites triasiques entre des mylonites de granite et des brèches à éléments de roches cristallines, est également Nord-Nord-Est - Sud-Sud-Ouest. Cet accident correspond au rejeu d'une fracture hercynienne remise en activité par les mouvements alpins car sa position est telle qu'il isole toute l'extrémité du massif granitique, laissant ainsi subsister sur le plateau, presque intacte, l'ancienne pénéplaine antétriasique, érodée ailleurs.

Une autre direction tectonique majeure Nord-Est - Sud-Ouest (Nord 40° Est environ), typiquement alpine, est mise en évidence par plusieurs fractures du granite, par l'allongement de la zone broyée du pont de la Madeleine séparant le granite et les faciès granitisés de la série cristallophyllienne encaissante et surtout par deux grands accidents de la bordure méridionale du massif.

L'accident du Sapey consiste essentiellement en une grande fracture Nord-Est - Sud-Ouest, traversant la masse granitique depuis la bordure sud du massif au-dessus de la maison forestière de Loulla jusqu'à la falaise

dominant l'Arc en amont de Pontamafrey. Cet accident, coinçant en accordance dans le granite des calcaires et spilites triasiques et des schistes liasiques, se révèle plus complexe dans le détail. Il est précédé, au Sud-Est, d'un léger « écaillage » du socle redressant les assises triasiques, normalement horizontales, contre le cristallin. Puis, au niveau de la maison forestière, c'est une lame granitique refoulée vers le Nord-Ouest en entraînant avec elle une partie de sa couverture et ainsi placée en position chevauchante anormale par rapport à cette dernière, alors que des niveaux triasiques la recouvrent encore normalement. La faille du Sapey se double, au Sud-Ouest, en bordure du cristallin, d'une autre petite faille parallèle qui interrompt brusquement le Trias. Entre ces deux failles les schistes liasiques dessinent autour de l'éperon granitique un mouvement enveloppant d'Ouest en Est.

L'accident du Rocheray pince, au Nord de Saint-Jean, au niveau de l'Arc, entre des failles Nord-Est - Sud-Ouest, une importante lame de schistes noirs du Lias supérieur entre le granite et les amphibolites granitisées.

Ces deux accidents du Sapey et du Rocheray, d'orientation identique, affectent à la fois le socle hercynien et sa couverture et peuvent même (comme c'est le cas au Sapey) se prolonger dans le sédimentaire. Leur activité est donc bien contemporaine du paroxysme alpin mais il est possible d'envisager que leur emplacement ait été motivé par le passage d'anciennes lignes de fracture du socle. Au Sapey, en effet, l'accident correspond à une zone affaissée grâce à laquelle une partie de la couverture mésozoïque a été conservée et s'est trouvée ultérieurement pincée entre deux compartiments de granite. Par analogie, l'accident du Rocheray pourrait s'intégrer sur le bord nord-ouest d'une deuxième zone effondrée qui, comme le suppose. R. Barbier (document inédit), serait comblée de Lias et s'étendrait sous les alluvions de l'Arc en aval de Saint-Jean, en direction d'Hermillon.

Une troisième orientation, Nord-Nord-Ouest - Sud-Sud-Est, post-nummulitique, s'observe seulement au Promontoire de l'Échaillon et marque l'étirement des « coins » sédimentaires pincés, le long de zones de broyage, entre des lames cristallines. Cette direction correspond à celle de la poussée alpine qui fit chevaucher l'Écaille des Aiguilles d'Arves par-dessus cette zone dauphinoise orientale dans laquelle le socle hercynien du Grand-Châtelard et sa couverture ont été eux-mêmes refoulés vers le Nord-Ouest. Au Promontoire, ce mouvement a laminé et réduit considérablement l'épaisse série du Nummulitique autochtone (1).

A côté de ces accidents majeurs existent encore plusieurs autres directions de fracture dont deux systèmes de failles, Est-Ouest et Nord-Sud, localisés en rive droite de l'Arc entre Saint-Avre et Montvernier. Ce sont les accidents les plus récents car ils affectent surtout la couverture et s'amortissent très vite dans le cristallin. Ils cisaillent la terminaison nord

du massif et décrochent, plus au Sud, une masse gypseuse et son substratum cristallin en les abaissant du Sud-Est au Nord-Ouest, sans pour autant pincer des lames sédimentaires dans le socle.

La structure du massif du Grand-Châtelard, telle qu'elle se présente actuellement, met en évidence au moins deux phases tectoniques majeures. La plus ancienne, contemporaine de l'orogenèse hercynienne, correspond au redressement isoclinal, à pendage sud-est, du socle. Cette structure est parfaitement conservée sous la couverture discordante, subhorizontale, de la bordure est du massif. La deuxième phase tectonique, d'âge alpin, aboutit à la création d'une nouvelle structure écaillée et à la réorganisation du socle et de sa couverture. Aux premières poussées correspondent, à l'Est le plissement, le décollement et l'empilement en lames de la couverture autochtone violemment refoulée vers le Nord-Ouest, en même temps qu'au Sud le serrage des sédiments dans le socle selon des directions de fracture soit anciennes, soit nouvelles. Dans un stade terminal, le mode de soulèvement du massif se montre régi par le jeu d'accidents transverses résultant d'efforts principalement tangentiels. La couverture sédimentaire prend part à ces mouvements et réagit différemment selon sa situation : à l'Est elle reste discordante sur le socle et épouse ses dénivellations; à l'Ouest elle se redresse et se renverse contre le cristallin qui la chevauche légèrement; au Sud, enfin, les lames sédimentaires pincées dans le granite participent avec lui à son redressement tandis que le reste de la couverture méridionale s'adapte, le long du contact, à l'orientation générale du cristallin.

Ainsi entrevu, le style tectonique du Grand-Châtelard semble s'apparenter plutôt à celui des Grandes Rousses qu'à celui de Belledonne.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) R. BARBIER, *C. R. som. Soc. géol. Fr.*, fasc. 6, 1946, p. 97.

(*Laboratoire de Géologie-Minéralogie,*
Faculté des Sciences de Grenoble.)

MÉTALLOGÉNIE. — *Un facteur de la concentration métallogénique : l'étranglement.* Note de M. **Hubert Pélissonnier**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Parmi les problèmes offerts à la réflexion des métallogénistes, celui de la *concentration anormale* impliquée par un gisement mérite une attention particulière. Cet aspect tératologique paraît, en effet, constituer le caractère spécifique de la métallogénie dans le cadre général de la géochimie. A mon avis, de la résolution du problème de la concentration anormale dépend en grande partie la clef du mystère métallogénique.

Comme tout processus géochimique, la formation d'un gîte métallifère peut se décrire ainsi : à partir d'une source, sous l'influence de certaines forces, un flux de matière comprenant des éléments métalliques est mis en mouvement dans une zone de l'espace; après un transport d'amplitude variée, les éléments métalliques sont finalement déposés dans une zone restreinte. Dans ce schéma, où donc s'introduit la concentration ?

La zone de l'espace traversée par le flux de matière se présente comme un *tube de courant* au sens hydrodynamique du terme (*fig.*). Dans ce tube, la zone-source a un volume défini en première approximation par le produit SH (S, section normale moyenne du tube dans la zone-source; H, longueur moyenne des lignes de courant dans la zone-source); de la même façon, le gisement a un volume v défini par le produit sh (s, section normale moyenne du tube dans le gisement; h, longueur moyenne des lignes de courant dans le gisement). Le gisement est entouré d'une zone de volume v' (halo), correspondant d'une part à la partie encore inconnue économiquement exploitable, d'autre part aux parties non exploitables. On peut écrire aussi $v' = s'h'$. Soient t la teneur moyenne de la zone-source, t_1 la fraction déplacée de cette teneur; on a $t_1 \leqq t$. Soient T et T' les teneurs moyennes respectivement dans le gisement et dans le halo. La conservation de la masse de métal s'écrit

$$(1) \qquad t_1 \mathrm{SH}\, d = \mathrm{T}sh\,\mathrm{D} + \mathrm{T}'s'h'\,\mathrm{D}',$$

d, D, D' étant respectivement les densités moyennes des roches de la zone-source, du gisement et du halo.

On tire de (1) l'inégalité $t\mathrm{SH}d \geqq \mathrm{T}sh\mathrm{D}$.

La différence entre les deux membres de cette inégalité correspond, d'une part au lessivage incomplet de la zone-source, d'autre part au halo; elle doit être souvent importante. En désignant par c le rapport T/t (taux de concentration), on obtient $(\mathrm{S}/s)(\mathrm{H}/h) > c\,(\mathrm{D}/d)$.

D/d est une fonction croissante de c, de valeur supérieure à l'unité, quoique toujours assez proche de 1 pour les taux de concentration usuels.

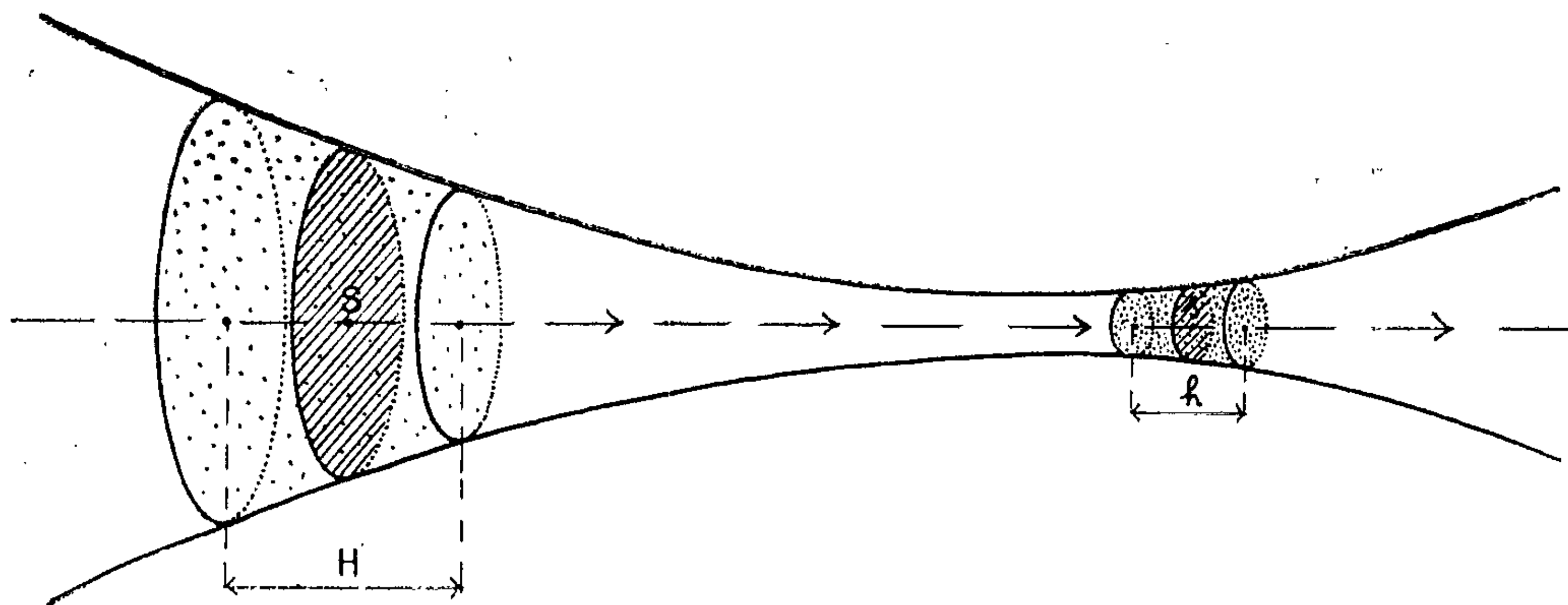
On peut donc écrire aussi bien

$$\frac{S}{s}\frac{H}{h} > c. \qquad (2)$$

Cette inégalité exprime que les dimensions d'un gisement sont plus petites que celles de la zone qui lui a donné naissance, mais elle indique aussi d'au moins combien doit être la réduction des dimensions. La réduction est inscrite dans les deux facteurs géométriques explicités :

S/s, rapport des sections du tube de courant entre zone-source et gisement, représente le rétrécissement de la section. Je l'appelle facteur *d'étranglement*;

H/h, rapport d'allongement dans le sens du courant entre zone-source et gisement, exprime dans une certaine mesure — si la zone-source est contiguë au gisement — l'*éloignement relatif* de la source.



L'inégalité (2) indique que les deux facteurs étranglement et éloignement coopèrent à la concentration, mais jouent en raison inverse l'un de l'autre : si l'étranglement est faible, un éloignement relatif fort est nécessaire; au contraire, un étranglement fort peut se contenter d'un éloignement relatif plus faible.

On peut aller plus loin et affirmer que *dans de nombreux cas un certain étranglement est nécessaire à la concentration :* en effet, lorsque le taux de concentration c dépasse 1000 (ce qui est couramment observé pour la plupart des métaux non ferreux), s'il n'y avait pas rétrécissement ($S/s \sim 1$), l'inégalité (2) donnerait $H/h > 1000$, c'est-à-dire que pour un allongement hectométrique (taille relativement modeste), il faudrait envisager un allongement dans le sens du courant de la zone-source de plusieurs centaines de kilomètres, ce qui paraît sinon impossible, du moins improbable pour la plupart des processus actuellement envisagés par les métallogénistes.

S/s doit donc être très généralement inférieur à 1. Il y a *étranglement* relatif du flux minéralisant au passage dans la zone qui deviendra le gisement. Ce facteur d'étranglement S/s mesure tout simplement la convergence des filets de courant vers la zone de dépôt, convergence nécessaire à la concentration. C'est en somme l'expression de la focalisation

géochimique. L'étranglement est d'ailleurs directement lié au taux de concentration par l'inégalité (2) : plus S/s est fort, plus la concentration peut [1] être importante.

Le facteur temps intervient dans la vitesse du déplacement de la matière; il joue un rôle dans la mesure où il permet un lessivage plus complet de la zone-source. Mais il n'explique pas à lui seul la concentration, la zone-source ne pouvant donner en fin de compte que ce qu'elle possède.

La notion d'étranglement est d'autant plus digne d'intérêt qu'elle est facilement accessible au métallogéniste, étant liée à l'environnement *proche* du gisement. En pratique, l'étranglement pourra s'opérer grâce à une anomalie du cadre structural dans lequel s'inscrit le gisement; ainsi ai-je déjà interprété comme étranglements certaines structures conditionnant de *grands* gisements de types divers : structure paléinsulaire [2], structures centrées subvolcaniques [3].

Il est très important de remarquer que la notion d'étranglement s'applique à n'importe quel processus métallogénique, aussi bien à des processus hydrothermaux comme dans les exemples cités plus haut qu'à des processus de lessivage continental superficiel ou à des circulations de courants marins : ainsi, bien que le taux de concentration y soit faible, les gisements de fer oolithique laissent souvent apparaître la canalisation du flux géochimique d'origine continentale par une augmentation simultanée de la teneur et de la puissance dans des paléochenaux; de même, la circulation de l'eau salée génératrice des gisements lagunaires admet un étranglement au niveau de la lagune avant sa dispersion dans l'atmosphère.

D'autres conséquences pourront être tirées sans doute du point de vue dynamique développé ci-dessus : ainsi l'équation globale (1) fixe un cadre pour une interprétation des bilans géochimiques.

Par ailleurs, la superposition d'un courant au gisement assigne à celui-ci une polarité qui doit engendrer une zonalité particulière *sans centre de symétrie*, c'est-à-dire une zonalité à la manière d'une flamme, d'une plante, dans laquelle les extrémités sont différenciées en « racines » et « branches ». Les schémas de distribution géostatistique devront prendre en compte cette donnée.

(1) L'étranglement est une condition nécessaire, mais *non suffisante* de la concentration : il faut en plus que les éléments métalliques soient sélectivement captés au passage dans la zone rétrécie.

(2) *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 1691.

(3) *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2561.

(*Laboratoire de Géologie appliquée de l'École des Mines de Paris.*)

OCÉANOGRAPHIE. — *Sur la divergence des Salomon.* Note (*) de M. **Henri Rotschi**, transmise par M. André Gougenheim.

Trois croisières successives dans le Nord-Est de la mer de Corail ont permis de suivre l'évolution de la dynamique géostrophique superficielle entre mai et septembre 1960. On a pu déceler une divergence, qui s'est déplacée d'abord vers l'Est, puis vers l'Ouest, en même temps qu'elle se renforçait; son influence sur la pente des surfaces isothermes et isohalines aux profondeurs supérieures à 150-200 m est mise en évidence, la plus grande inclinaison de la surface correspondant aux pentes les plus fortes des isoplèthes.

Trois croisières océanographiques en mer de Corail, de la Nouvelle-Calédonie à l'archipel des Salomon, ont permis de suivre l'évolution de la dynamique superficielle au voisinage de 160° E, entre 10° S et 20° S. Ce sont les croisières « Dillon » (mai 1960) et « Épi » (septembre 1960) de l'*Orsom III*, navire de recherches de l'Institut français d'Océanie et « Entrecasteaux » (août 1960) du patrouilleur *Tiare*, de la Marine Nationale (*fig.* 1).

Pour chacune de ces croisières, la topographie dynamique de la surface par rapport à 1000 dbars indique la présence d'une divergence dont la position et l'intensité varient d'une croisière à l'autre (*fig.* 1). En mai les pentes les plus fortes sont de l'ordre de 10 cm dynamiques pour 20 milles correspondant à un courant géostrophique portant vers l'Ouest supérieur à 1 nœud. Le centre de la divergence est voisin de 15°S et de 161°E.

En août, c'est au voisinage immédiat de l'archipel des Salomon qu'on note les pentes les plus fortes liées à un courant de 1 nœud portant vers l'Est.

En septembre, la pente dynamique de la surface est répartie plus uniformément de part et d'autre de la zone centrale de la divergence. Celle-ci est plus ou moins symétrique par rapport à 160° E, le centre de la dépression étant voisin de 14° S. Sur les bordures orientale et occidentale de la zone observée, les courants géostrophiques sont compris entre 0,5 et 1 nœud, ils s'affaiblissent vers le centre de la divergence.

Les croisières « Dillon » et « Épi » ayant été parcourues selon des itinéraires identiques, il apparaît qu'en quatre mois la divergence des Salomon s'est considérablement renforcée, l'inclinaison de la surface augmentant en même temps que le centre dépressionnaire se déplaçait vers le Sud-Ouest.

Ces données complètent et confirment les résultats de recherches antérieures [(1), (2)].

Enfin, le contre-courant équatorial sud qui a déjà été observé plusieurs fois dans cette région du Pacifique occidental [(3), (4)], est visible au voisinage des Salomon jusqu'en août.

La divergence des Salomon est liée à des mécanismes de circulation verticale dont les effets apparaissent nettement à 163° E, le long de la radiale commune aux trois croisières, sur les coupes de distribution verticale de toutes les propriétés étudiées.

En ce qui concerne la température par exemple (*fig.* 2), de 16° S à 12° S, la profondeur des isothermes 25°C et 20°C varie peu. Par contre, la pente de ces deux surfaces s'accentue entre 13° S et 12° S au cours de la croisière

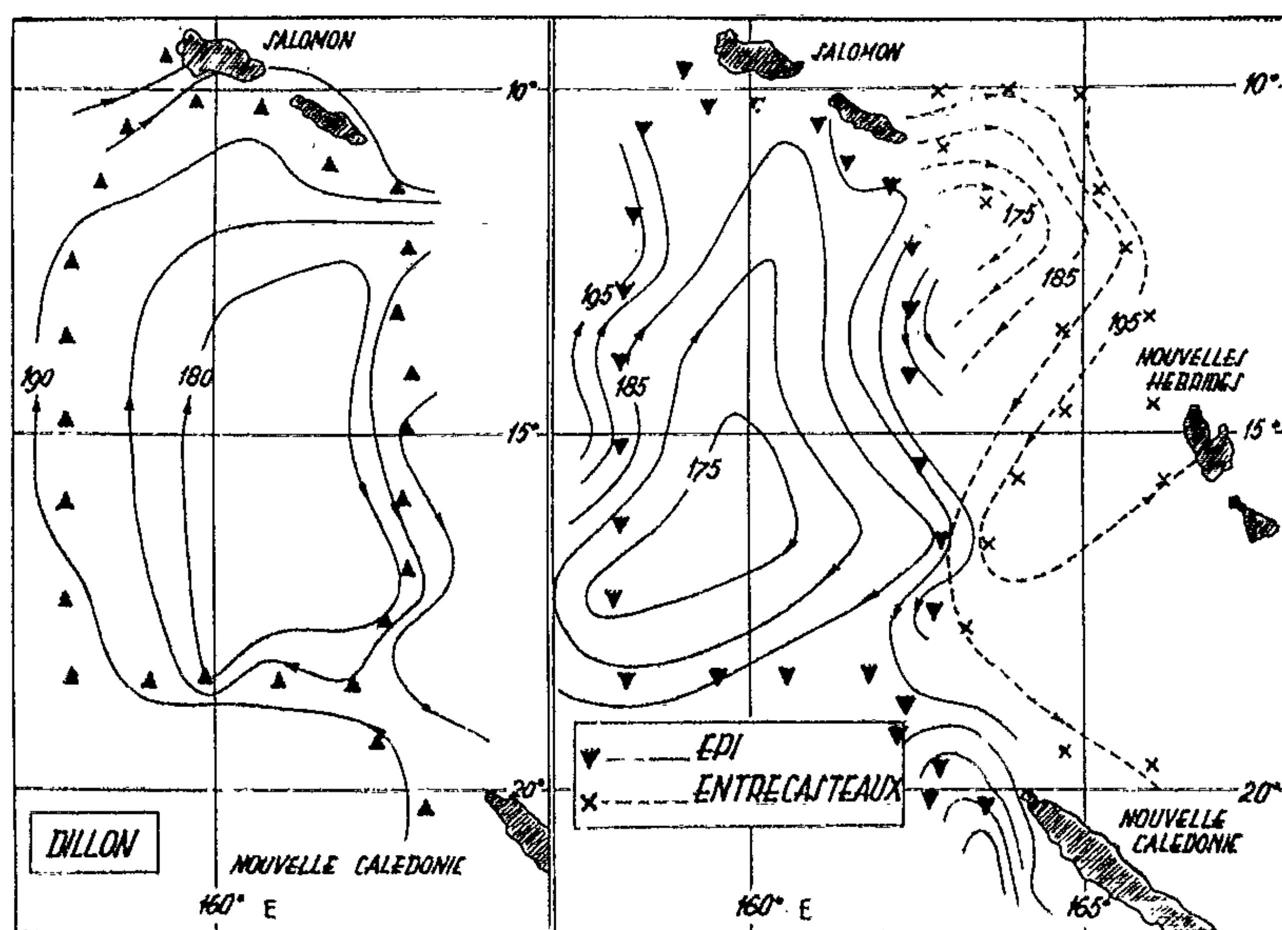
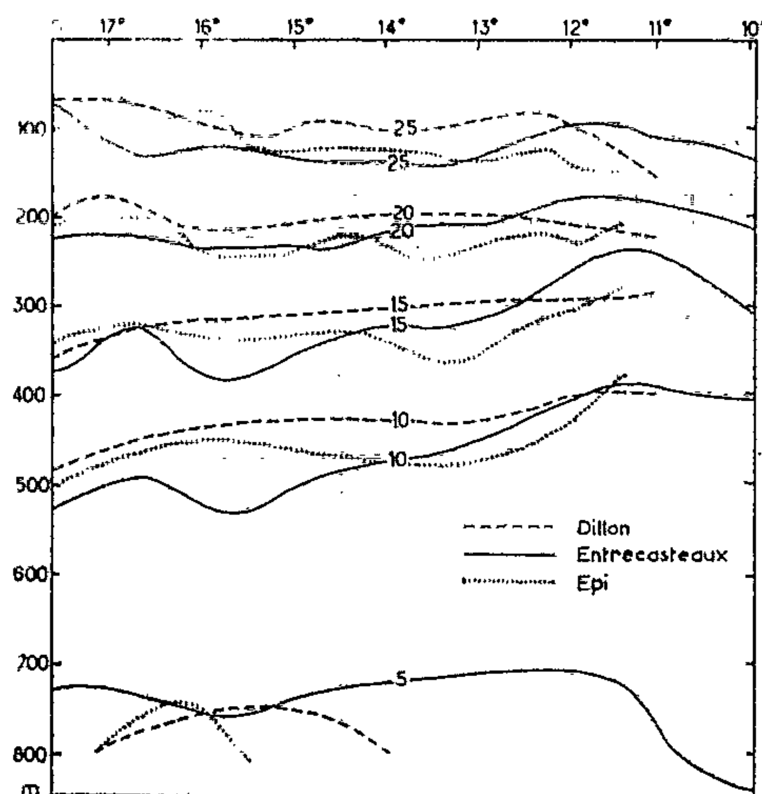


Fig. 1.

Fig. 1. — Topographie dynamique de la surface par rapport à 1000 dbars. Espacement des isobathes dynamiques : 5 cm dynamiques.



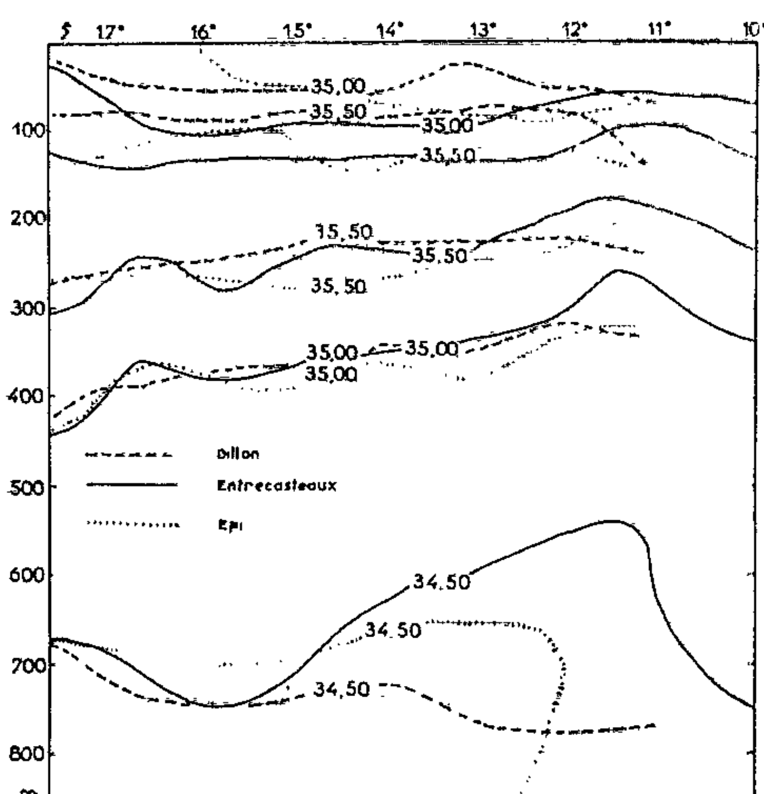


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2. — Distribution verticale de la température le long de 163°E.
Fig. 3. — Distribution verticale de la salinité le long de 163°E.

« Entrecasteaux », où elle devient voisine de 50 m pour 60 milles. Leur profondeur devient minimale au cours de cette croisière entre 11° S et 12° S.

Aux profondeurs supérieures à 250 m, toutes les isothermes des trois croisières ont une inclinaison plus marquée. Entre 17° S et 12° S, la profondeur de l'isotherme 15°C diminue d'au moins 50 m, celle de l'isotherme 10°C

diminuant de 100 m en moyenne. Ces deux isothermes sont beaucoup plus inclinées pendant la croisière « Entrecasteaux », leur pente étant de l'ordre de 150 m pour 5 degrés de latitude, la profondeur étant également minimale vers 11°30 S. Au Sud de 12° S les isothermes de la croisière « Épi » sont plus profondes que celles de « Dillon ».

La distribution de la salinité (*fig.* 3) présente les mêmes caractéristiques. Dans les 150 premiers mètres, la profondeur des isohalines rencontrées au cours des croisières de l'*Orsom III* ne varie guère, tandis qu'au Nord de 13° S celle des isohalines de la croisière « Entrecasteaux » décroît de près de 50 m sur 120 milles.

Par contre, aux profondeurs plus grandes, toutes les isohalines se rapprochent de la surface en direction du Nord. De 17° S à 12° S, la profondeur de l'isohaline 35,50 ‰ décroît de près de 50 m et celle de l'isohaline 35 ‰ d'au moins 100 m. Comme pour les isothermes, au Sud de 12° S les isohalines d' « Épi » sont plus profondes que celles de « Dillon »; par contre, au Nord de 13° S, celles d' « Entrecasteaux » ont une pente nettement plus forte jusqu'à une latitude voisine de 11°30 S où leur profondeur est minimale.

En résumé, au Nord d'une certaine latitude, les surfaces isoplèthes de la croisière « Entrecasteaux » sont moins profondes que celles des deux autres croisières; de même, leur profondeur diminue plus rapidement en direction du Nord et elle est minimale entre 12° S et 11° S. Au Sud de 12 °S la profondeur des isoplèthes est plus grande pendant « Épi » que pendant « Dillon ».

Par contre, le long d'une radiale à 158° E commune aux deux croisières de l'*Orsom III*, les isoplèthes d' « Épi » sont plus inclinées et moins profondes que celles de « Dillon ».

Il semble que les fluctuations de la position et de l'intensité de la divergence des Salomon ne soient pas étrangères à ces particularités de la distribution verticale. Lors de la croisière « Dillon », cette divergence a une position plus orientale que lors d' « Épi »; d'autre part, son intensité est moindre au cours de la première croisière. Le long de 163° E par conséquent, l'effet de la divergence doit être ressenti plus fortement en mai qu'en septembre, son action la plus marquée devant coïncider avec la présence du thalweg au voisinage immédiat de cette latitude. Au contraire, le long de 158° E l'effet de la divergence devrait être plus intense en septembre.

Les distributions verticales montrent que c'est bien ainsi qu'on peut interpréter le rôle de la divergence des Salomon dans la circulation verticale de cette région.

(*) Séance du 30 juillet 1962.

(1) H. Rotschi, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 965-967.
(2) K. Wyrtki, *C.S.I.R.O., Div. Fish. Oceanogr.*, Tech. Pap. 8, 1960.
(3) T. Takahashi, *Rec. Oceanogr. Works Japan*, 5, 1960, p. 2.
(4) J. L. Reid, *Nature*, 184, 1959, p. 209-210.

(*O.R.S.T.O.M., Centre d'Océanographie, Institut Français d'Océanie, Nouméa.*)

GÉOCHIMIE. — *Sur la nature des gaz occlus dans la fluorine-antozonite.* Note (*) de MM. **Parviz Assadi** et **Marcel Chaigneau**, présentée par M. Jean Wyart.

Les gaz occlus dans la fluorine irradiée des gisements d'uranium (1) ont fait l'objet de travaux surtout pendant la deuxième moitié du siècle dernier et au début de ce siècle. Depuis lors, cette question n'a donné lieu qu'à de très rares publications.

L'étude de la nature de ces gaz a conduit certains auteurs [(2) à (5)] à identifier l'acide hypochloreux, ou l'ozone, ou des hydrocarbures. Pour d'autres [(6) à (8)], il s'agit de fluor libre qui aurait pour origine la décomposition de perfluorures métalliques (cérium). L'existence de cet élément a été confirmée par A. Lacroix (9) et par des recherches plus récentes (10).

Au cours de travaux poursuivis depuis plusieurs années sur la fluorine-antozonite, l'un de nous a examiné, par des méthodes diverses, les dégagements gazeux qui se produisent en quantité appréciable par écrasement du frottis de ce minéral dans divers réactifs spécifiques, en utilisant la surplatine à écrasement (11). Il a ainsi montré qu'ils ne peuvent être considérés comme uniquement constitués de fluor libre.

Nous avons pensé pouvoir apporter une contribution à cette étude en utilisant une méthode déjà décrite (12) et utilisée à l'égard de certaines roches éruptives (13). Précisons qu'une prise d'essai exactement pesée et pulvérisée, de l'ordre de 5 g, est introduite dans un tube en silice fondue et placée sous vide. L'extraction des gaz est alors conduite entre 20 et 1 000°C à l'aide d'une trompe de Sprengel et sous 10^{-2} mm de mercure. Enfin l'analyse des mélanges gazeux obtenus est faite, sur la cuve à mercure, en utilisant les réactifs usuels dont les principaux ont été réunis dans une Communication antérieure (14).

Tableau I.

	Échantillons.					
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
Uranium en 10^{-6}	170	190	200	20 000	50	80
Perte du poids (%)	0,42	0,54	0,23	1,52	0,17	8,06
Gaz totaux (ml/g)	0,333	0,864	0,409	1,985	0,556	33,5
Composition centésimale, en volume, des gaz extraits.						
SiF_4	15,30	18,44	10,2	6,86	5,35	0,0
HCl	1,18	2,17	2,0	1,49	0,0	0,0
CO_2	34,70	45,99	32,30	71,17	40,74	91,20
CO	19,41	16,92	21,7	3,58	26,34	0,78
H_2	25,88	14,75	29,8	14,31	19,75	0,0
N_2 + Gaz rares	3,53	1,73	4,0	2,59	7,82	8,02
$CO_2/(CO_2+CO)$	0,641	0,731	0,598	0,952	0,607	0,991

Les échantillons choisis et préparés proviennent des gisements suivants :

Nos I, II, III et IV : L'Écarpière (Vendée);

No V : Wölsendorf (Bavière);

No VI : Velence-Szüzvar (Hongrie).

En outre, leurs caractères ont été précisés par les moyens connus ainsi que leurs réactions, au cours de l'évolution thermique.

Les résultats analytiques sont rassemblés dans le tableau (I) où la composition centésimale en volume des gaz extraits est exprimée en gaz anhydres et où se trouvent rapportées les teneurs en uranium correspondant à chaque échantillon.

Notons que :

a. Le dégagement d'eau a été constaté pendant la pyrogénation pour chacun des échantillons examinés, cependant nous n'avons pas procédé à son dosage.

b. Dans le cas de la fluorine originaire de Hongrie, la couleur du mélange gazeux dégagé (jaune pâle) et son attaque lente du mercure avec formation de fluorure mercureux (identifié) sont deux caractères en faveur de la présence de fluor libre dans ce mélange.

L'examen du tableau ci-dessus montre que :

1° A l'exclusion du tétrafluorure de silicium et de l'acide chlorhydrique, la nature des autres constituants et la présence de l'eau constituent un phénomène naturel constaté dans la plupart des minéraux examinés jusqu'alors.

2° L'acide chlorhydrique n'a été dégagé, dans le cas présent, que dans les échantillons provenant de l'Écarpière, cependant le chlore avait été caractérisé par Shaffäutl dans la fluorine de Wölsendorf.

3° Les teneurs particulièrement élevées en gaz totaux et en anhydride carbonique, pour la fluorine de Hongrie, sont explicables par la présence d'une certaine quantité de rhodochrosite dont la température de dissociation est inférieure à 400°.

4° La présence du tétrafluorure de silicium à des teneurs appréciables dans les échantillons I à V est explicable par le dégagement d'acide fluorhydrique qui réagit sur le tube en silice pendant la pyrogénation, car l'attaque de ce tube a été constatée dans tous les essais. Cela n'exclut pas l'existence réelle de SiF_4 dans ces fluorines.

En tous cas, ces remarques sont en faveur de l'occlusion d'acide fluorhydrique. De plus, la présence de l'hydrogène permettrait, *a priori*, d'écarter l'existence de fluor libre en raison de l'incompatibilité entre ces deux gaz; mais on est en droit de la maintenir si l'hydrogène est en excès par rapport au fluor. D'autant plus que les ruptures plus ou moins nombreuses de liaisons ioniques de la fluorine par rayonnement radioactif, au cours du temps géologique, s'expliquent par les phénomènes observés lors de l'irradiation artificielle des fluorures alcalins.

D'ailleurs, ces faits sont confirmés par l'examen de la fluorine de Hongrie (n° VI) qui révèle la présence de fluor libre en l'absence d'hydrogène.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) P. ASSADI, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3713.

(2) SHAFFHÄUTL, *Annalen der Chemie und Pharmacie*, 46, 1843, p. 344.

(3) SCHROTTER, *Sitzungsberichte der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften*, Wien, 41, 1860, p. 725.

(4) SCHÖNBEIN, *J. prakt. Chem.*, 89, 1863, p. 7.

(5) M. G. WYROUBOFF, *Bull. Soc. Chim. Paris*, 2e série, 5, 1866, p. 334-347.

(6) O. LÖW, *Ber. d. chem. Ges.*, 14, 1881, p. 1144.

(7) H. BECQUEREL et H. MOISSAN, *Comptes rendus* 111, 1890, p. 669.

(8) H. MOISSAN, *Le fluor et ses composés*, Paris, 1900, p. 201-206.

(9) A. LACROIX, *Minéralogie de la France*, Paris, 1897, p. 775-779.

(10) J. HOFFMANN, *Chemie der Erde*, II, n° 3, 1937, p. 368-374, et C. DOELTER, 1930.

(11) G. DEICHA, *Bull. Soc. franç. Minér.*, 73, 1951, p. 439-445.

(12) P. LEBEAU, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 319.

(13) M. CHAIGNEAU, H. TAZIEFF et R. FABRE, *Ann. Géophys.*, 16, 1960, p. 561-564.

(14) P. LEBEAU et A. DAMIENS, *Comptes rendus*, 156, 1913, p. 144 et 325, et *Ann. Phys. Chim.*, (9), 8, 1917, p. 221.

(*Laboratoire de Minéralogie et Cristallographie, Faculté des Sciences, Paris,*
et *Laboratoire des Gaz du C. N. R. S., Paris.*)

GÉOCHIMIE. — *Détermination semi-quantitative de l'or dans les minéraux, les sols et les roches par chromatographie ascendante sur papier.* Note de M. **Henri Agrinier**, présentée par M. Jean Wyart.

L'or est séparé par un solvant composé d'alcool éthylique, d'acétate d'éthyle, d'eau et d'acide nitrique, puis révélé par la *p*-diméthylaminobenzylidène rhodanine. L'application de cette méthode de dosage à la recherche de l'or dans les minéraux, les sols et les roches, permet d'évaluer jusqu'à 1.10^{-6} de cet élément.

De nombreux auteurs [(1), (2), (3), (4)] ont déjà étudié la séparation de l'or par chromatographie sur papier, mais les méthodes qu'ils ont décrites ne peuvent être appliquées aux problèmes complexes qui se posent en Minéralogie ou en Géochimie. Nous avons donc essayé de mettre au point une méthode de séparation et de dosage, simple et rapide, permettant la détermination de l'or dans la plupart des conditions où l'on peut le rencontrer dans la nature.

La séparation que nous décrivons est basée sur la solubilité de l'or en milieu nitrique, dilué dans un solvant composé d'alcool éthylique, d'acétate d'éthyle, d'eau et d'acide nitrique. Le réactif utilisé pour révéler l'or après sa séparation est la *p*-diméthylaminobenzylidènerhodanine (5). L'or se manifeste sous forme d'une fine bande rouge violacé située au front du solvant. Le dosage s'effectue par simple comparaison visuelle avec des colorations étalons.

Le solvant que nous présentons et le mode de mise en solution des échantillons que nous employons, permettent une recherche sélective de l'or. Dans le tableau I, nous donnons la valeur des R_f, ainsi que les colorations obtenues avec quelques éléments.

TABLEAU I.

Solvant :

Alcool éthylique	20 ml
Acétate d'éthyle	20 »
Eau	20 »
Acide nitrique D 1,33	0,70 »

Réactif :

Solution saturée de *p*-diméthylaminobenzylidènerhodanine dans un mélange (1/1) d'alcool éthylique et d'acétone.

Avant la séparation, on sèche les gouttes pendant 15 mn dans une étuve à 35°.

Dans nos conditions d'expérience, l'argent et le mercure n'interfèrent pas.

Nous signalerons que la qualité de la séparation permet de chromatographier des gouttes dont le volume peut aller jusqu'à 0,5 ml.

Éléments.	R_f.	Coloration.
Pb	0,25	Néant
Te........................	0,35	»
Se........................	0,75	»
Fe........................	0,75	»
Ir........................	0,75	»
Os........................	0,75	»
Pt........................	0,75	»
Pd........................	0,75	Rouge violacé
U........................	0,85	Néant
Au........................	1	Rouge violacé

Essais pratiques et résultats. — Nos essais ont été effectués sur des matériaux très divers :

— des minéraux « mispickel », en général;

— des sols « latérites »;

— de nombreuses roches quartzeuses.

Pour chaque type de matériau, nous avons mis au point une méthode d'attaque que nous allons décrire rapidement.

1° *Minéraux et roches.* — La prise d'essai sera, en général, de 1 g. Le matériau est déposé dans un creuset de silice puis grillé à 1000° pendant 15 mn. On attaque ensuite par 4 ml d'eau régale et l'on amène à sec. Le résidu est repris par 3 ml d'acide nitrique concentré et amené à sec. On laisse refroidir puis on dissout dans 2 ml d'acide nitrique à 10 %. Après centrifugation, on obtiendra 1 ml environ de liqueur claire, sur laquelle on effectuera la chromatographie.

2° *Roches latéritiques.* — Dans le cas des « latérites », les essais nous ont montré que la mise en solution pouvait être très simplifiée.

On attaque 1 g de matériau par 3 ml d'acide nitrique concentré et 0,2 ml d'acide chlorhydrique concentré. On amène à sec et l'on reprend par 3 ml d'acide nitrique concentré et l'on amène de nouveau à sec. Le résidu est dissous dans 2 ml d'acide nitrique à 10 % et centrifugé pour obtenir une liqueur claire.

Tableau II.

Matériau.	Origine.	Fusion plombeuse (g/t).	Chromatographie (g/t).
Mispickel (FeAsS).....	Lucknow (N. S. S.) (Australie)	800 à 900	800
	Salsigne (Aude)	»	400
	Menez Goualiou (Finistère)	»	4
Quartzite minéralisée...	Bournheix (Massif Central)	16	15
		15,8	15
		6,7	7
		1,7	2
Latérite	Ity (Côte d'Ivoire)	16	15
		16	16
		8	8

N. B. — On effectue la séparation sur des gouttes de 0,1 ml avec du papier Whatman n° 1 de type CRL 3.

Dans le tableau II, nous donnons quelques résultats obtenus avec différents matériaux. Nous donnerons dans certains cas les valeurs obtenues (fusion plombeuse : résultats B. R. G. M.).

(1) M. LEDERER, *Nature*, 162, 1948, p. 776.
(2) N. F. KEMBER et R. A. WELLS, *Analyst*, 76, 1951, p. 579.
(3) J. R. A. ANDERSON et M. LEDERER, *Anal. Chim. Acta*, 5, 1951, p. 332.
(4) F. H. BURSTALL, G. R. DAVIES, R. P. LINSTEAD et R. A. WELLS, *J. Chem. Soc.*, 1950, p. 516.
(5) F. FEIGL, *Spot tests in inorganic analysis*, Elsevier Publishing Company, 1958.

(*Service de Minéralogie, Centre d'Études nucléaires, Fontenay-aux-Roses.*)

IONOSPHÈRE. — *Sur l'étude expérimentale au moyen de la diffusion électronique de certains paramètres de l'ionosphère.* Note (*) de M. **Michel Petit**, présentée par M. Jean Coulomb.

On se propose d'utiliser la « partie ionique » du spectre de diffusion électronique afin de déterminer la température et la composition ionique de l'ionosphère. La méthode consiste à rendre maximale la probabilité *a posteriori* des paramètres cherchés. On calcule l'erreur correspondante et l'on montre que, pour des temps d'intégration raisonnables, cette erreur reste dans des limites satisfaisantes.

Les études théoriques [(1) à (6)] ont montré que le signal diffusé était un signal aléatoire gaussien dont le spectre de puissance comprend, outre des raies dont la mise en évidence expérimentale est problématique, une partie ionique qui fait intervenir les paramètres suivants : concentration électronique, composition ionique, température (dans l'hypothèse vraisemblable d'équilibre thermique entre électrons et ions).

Ces deux derniers paramètres ont des effets très semblables sur le spectre et il faut étudier la possibilité de les déduire d'une observation d'onde diffusée, compte tenu du très faible niveau du signal et du bruit superposé par le récepteur.

Suivant une suggestion de L. R. O. Storey et utilisant une méthode classique (7), nous avons cherché à rendre maximale la probabilité *a posteriori* des paramètres cherchés, la probabilité *a priori* étant supposée constante. Nous utilisons la représentation que S. O. Rice (8) donne d'un signal aléatoire gaussien.

Nous nous sommes limités au cas où deux types d'ions seulement sont en présence. Soient alors x_1, x_2, x_3 les trois paramètres définissant le spectre, $V_m(x_1, x_2, x_3)$ la densité spectrale du signal dans un filtre de rang m et de largeur F_m, et N_0 celle du bruit (supposé blanc) du récepteur. Dans le cas où le rapport signal/bruit est faible, les x_1, x_2, x_3 sont solutions de

$$\sum_m \frac{\partial V_m}{\partial x_1}[X_m^2 (N_0 + V_m) F_m] = 0,$$

$$\sum_m \frac{\partial V_m}{\partial x_2}[X_m^2 (N_0 + V_m) F_m] = 0,$$

$$\sum_m \frac{\partial V_m}{\partial x_3}[X_m^2 (N_0 + V_m) F_m] = 0;$$

où X_m^2 désigne la valeur moyenne de la puissance effectivement reçue dans le filtre de rang m, pendant le temps T que dure l'observation.

La durée T d'observation étant finie, les X_m^2 sont des variables aléatoires. Il en résulte des erreurs sur x_1, x_2, x_3, dont on peut calculer la valeur quadratique moyenne $(dx_1)_{mq}$, $(dx_2)_{mq}$, $(dx_3)_{mq}$.

Considérons un déterminant Δ de terme général

$$a_{pq}=\sum_m \frac{\partial V_m}{\partial x_p}\frac{\partial V_m}{\partial x_q}F_m$$

et désignons par Δ_{pp} son mineur relatif au terme a_{pp}. L'erreur est alors égale à

$$(\delta x_{pmq})=\frac{N_0}{\sqrt{T}}\sqrt{\frac{\Delta_{pp}}{\Delta}}.$$

Nous avons fait une application numérique de cette formule en utilisant comme données les spectres déterminés par voie théorique [(1) à (6)] et les caractéristiques du projet de sondeur à diffusion du Centre National d'Études des Télécommunications : puissance émise, 100 kW; dimensions de l'antenne, 20 × 100 m; fréquence, 1 000 MHz. La réception utilise le grand radiotélescope de Nançay (40 × 200 m) (Service de Radio-astronomie de l'Observatoire de Meudon). Le signal recueilli sera envoyé dans un amplificateur paramétrique de température de bruit 150°K (le choix du lieu d'émission à 300 km au Sud de Nançay rendra minimale la hauteur du volume diffusant).

A une altitude de 200 km, au minimum d'activité solaire, la température étant de l'ordre de 1 000°K et la composition ionique voisine de 80 % de O^+ et 20 % de O_2^+, nous trouvons par exemple que l'erreur quadratique moyenne sur la température sera de 5 % et celle sur la composition de 7 % après une observation de 200 s.

Les résultats numériques ci-dessus ont été obtenus à partir des théories classiques [(1) à (6)] qui font intervenir l'amortissement Landau des ondes de plasma. Si, comme le suggèrent les travaux de Denisse, cet amortissement Landau n'avait aucune existence physique, l'expression $V(x_1, x_2, x_3)$ serait différente et les résultats numériques seraient changés, mais la marche du calcul ne serait pas modifiée.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) T. HAGFORS, *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, p. 1699.
(2) T. LAASPERE, *J. Geophys. Res.*, 65, 1960, p. 3955.
(3) J. RENAU, H. CAMNITZ et W. FLOOD, *J. Geophys. Res.*, 66, 1961, p. 2703.
(4) J. A. FEJER, *Canad. J. Phys.*, 39, 1961, p. 716.
(5) D. T. FARLEY, J. P. DOUGHERTY et D. W. BARROW, *Proc. Royal Soc.*, Part A, 263 n° 1313, 1961, p. 238.
(6) E. E. SALPETER, *Phys. Rev.*, 122, 1961, p. 1663.
(7) P. M. WOODWARD, *Probability and information theory with applications to radar*, Pergamon Press, 1953 (traduction Eyrolles, 1960).
(8) S. O. RICE, *Bell System Tech. J.*, juillet 1944, p. 287.

(*Département C. D. S.,*
Centre National d'Études des Télécommunications.)

PALÉONTOLOGIE. — *Sur la découverte d'une série de gisements à Hipparion dans les formations du Miocène terminal du bassin de Valréas (Vaucluse).* Note (*) de MM. **Gérard Demarcq** et **Georges Truc**, présentée par M. Camille Arambourg.

Le Miocène supérieur de la vallée du Rhône voit, après la régression de la mer tortonienne, l'établissement d'un régime lacustre dont les formations sableuses, marneuses et ligniteuses, sont épaisses de 30 à 40 m dans le bassin de Valréas et livrent de façon sporadique la faune classique de gastéropodes d'eau douce à *Helix delphinensis* Font. [(1), (2)]. C'est ce niveau qui a fourni, dans le Bas-Dauphiné, la faune de Mammifères de Saint-Jean-de-Bournay (3).

Ces formations, achevant le cycle sédimentaire du Tortonien, sont recouvertes par une épaisse série de conglomérats fluviatiles (90 à 130 m) qui correspondent à la partie terminale du Miocène, le « Pontien » des auteurs occidentaux. Dans le bassin de Valréas notamment, ils sont bien représentés par les conglomérats à galets impressionnés dits de Vinsobres. Il a été montré récemment (5) que leur partie inférieure renfermait, localement et sur une épaisseur variable, des formations rouges subaériennes : sables argileux, argiles marneuses, cailloutis, de colorations ocre, rose ou rouge. Ce sont les *limons et cailloutis rouges de Buisson.* La présence d'un tel faciès dans cet ensemble de formations présente un intérêt certain si l'on songe que leurs caractères lithologiques et stratigraphiques sont les mêmes que ceux des *limons et cailloutis rouges du mont Luberon* qui ont livré, en 1873, à A. Gaudry (4) la célèbre faune à *Hipparion* de ce nom. Ainsi que l'avançait l'un de nous [G. D. (5), p. 159] : « Il n'est pas impossible que, comme pour les cailloutis du mont Luberon, d'âge et de faciès identiques, les marnes sableuses de Buisson puissent renfermer des débris d'ossements de Vertébrés ».

Cette prévision se trouve réalisée grâce au minutieux travail de stratigraphie régionale entrepris par l'un de nous (G. T.), travail qui a permis la découverte d'une série de gîtes à ossements dans cette formation des limons et cailloutis rouges de Buisson. La nature des couches ossifères est la suivante : sables fins ou peu grossiers, argileux ou marneux, souvent à petits granules calcaires, de teinte rougeâtre, rouge sang, lie-de-vin; d'autres sont plus clairs, ocre jaune ou grisâtres. Certaines passées montrent des marbrures claires blanchâtres, jaunâtres ou verdâtres. Au total une lithologie qui rappelle tout à fait celle des couches fossilifères de la série continentale du Miocène du Vallès-Pènèdès (Espagne), si riche en gisements de Mammifères. Le type lithologique s'éloigne par contre un peu de celui des couches fossilifères du mont Luberon dont le caractère subaérien est

en général moins net. L'épaisseur et la localisation de la couche ossifère sont variables : il s'agit de toute une succession de lentilles d'épaisseur moyenne, 0,5 à 1 m, rarement plus, espacées de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

Cette série de gîtes fossilifères est située à 5 km au Sud-Est de Valréas, sur le rebord escarpé du plateau conglomératique de Vinsobres. Plus précisément ces gisements s'alignent le long des pentes ravinées du coteau dit « *les Mistrals* » et du vallon dit « *Combe Mercière* » (carte au 20 000e, Valréas, n° 8). La richesse de certaines lentilles semble remarquable. En surface nous avons récolté de nombreuses dents d'*Hipparion gracile* Kaup, de nombreuses plaques de tortues (dont probablement *Testudo leberonensis* Dep.) et, plus rarement, d'autres pièces, os, dents ou fragments de mâchoires. Ont été trouvés également un certain nombre d'échantillons d'*Helix* cf. *valentinensis* Font. La description détaillée de la faune sera donnée ultérieurement, après l'exploitation de cet ensemble de gisements.

Celle-ci va être entreprise en une série de fouilles méthodiques effectuées par l'un de nous (G. T.) dans le cadre des chantiers de fouille du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon.

On peut espérer que la monographie qui en résultera apportera une contribution précieuse à la connaissance des faunes de Mammifères du Miocène supérieur d'Europe occidentale.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) F. FONTANNES, *Études*, 3, *le bassin de Visan*, 1878.

(2) G. DEMARCQ, *Étude stratigraphique du Miocène rhodanien* (*Thèse Sc.*, Paris, n° 4723, 1962).

(3) C. DEPERET, *Arch. Mus. Hist. nat. Lyon*, 4, 1887, p. 94-99.

(4) A. GAUDRY, *Animaux fossiles du mont Luberon* (*Vaucluse*), Savy, Paris, 1873, 112 pages.

(5) G. DEMARCQ, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 57, n° 261, 1960, p. 137-162.

(*Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon.*)

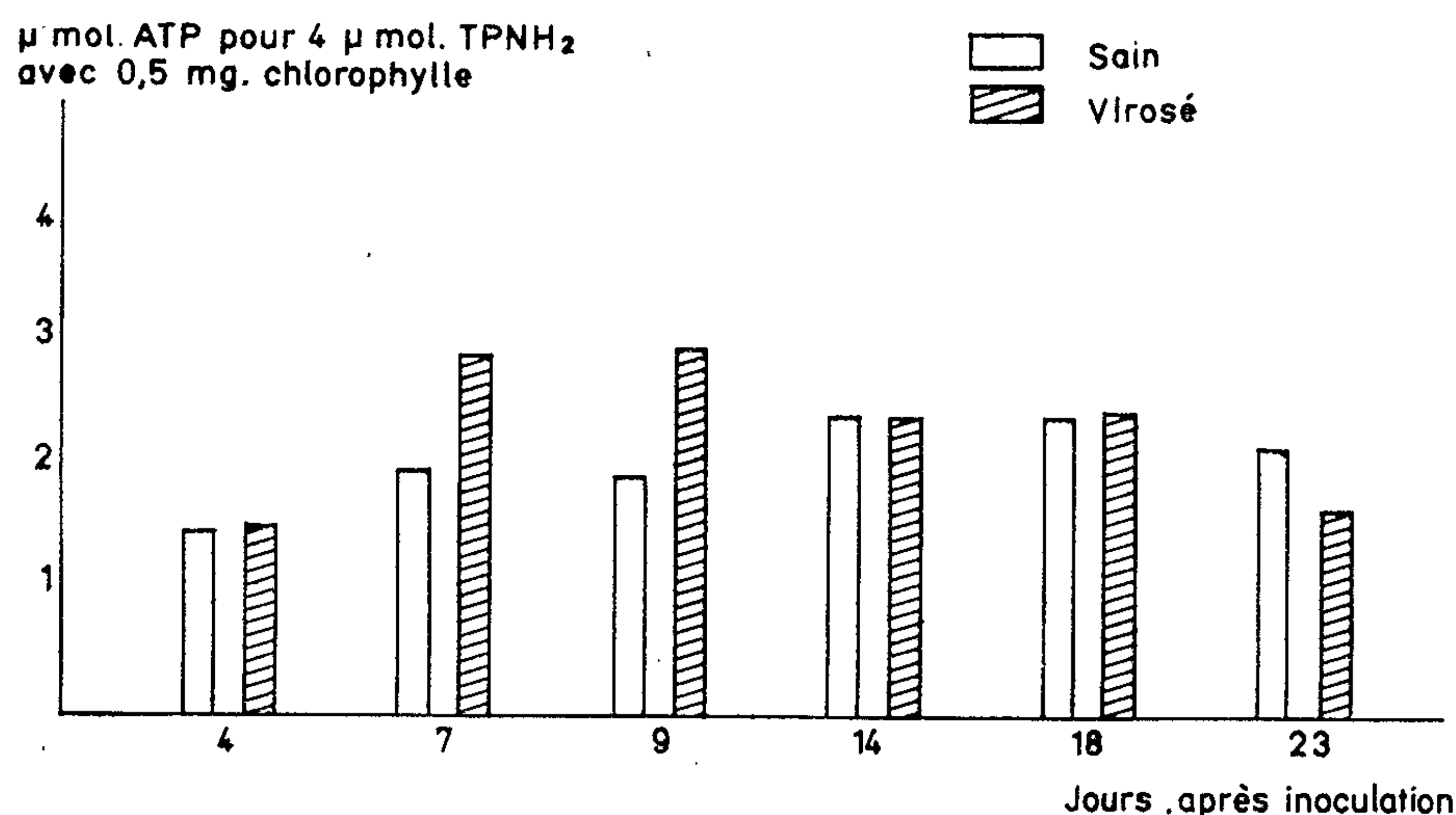
PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Augmentation de la photophosphorylation par les chloroplastes isolés de Chou* (Brassica chinensis) *infecté par le virus de la Mosaïque jaune du Navet.* Note (*) de MM. **André Goffeau** et **Joseph-Marie Bové**, présentée par M. Raoul Combes.

Les chloroplastes isolés du Chou de Chine inoculé par le virus de la Mosaïque jaune du Navet forment, à la lumière, davantage d'ATP que les chloroplastes isolés de plantes saines. Cette stimulation de la photophosphorylation apparaît en même temps que les premiers symptômes.

D'assez nombreuses investigations ont été effectuées sur les plantes virosées dans le but de découvrir des modifications dans la teneur ou dans la nature de certains composés biochimiques [1]. Ces modifications reflètent la déviation globale du métabolisme de la cellule tout entière. Peu de travaux ont été consacrés, en Virologie végétale, aux particules subcellulaires elles-mêmes et aux perturbations du fonctionnement qu'elles peuvent subir sous l'influence d'une multiplication de virus. Parmi ces particules, celles qui gouvernent l'énergétique de la cellule sont d'un intérêt particulier : chloroplastes, siège de la photosynthèse et de la photophosphorylation, mitochondries, site de la respiration et de la phosphorylation oxydative. En utilisant des chloroplastes ou des mitochondries isolés, ces fonctions peuvent être étudiées à l'abri de la complexité de la cellule entière. C'est dans cet esprit que nous avons commencé l'étude des réactions photosynthétiques dans les chloroplastes isolés de plantes virosées et dans ceux de plantes saines de la même espèce.

Un premier lot de choux (*Brassica chinensis*) a été inoculé mécaniquement en présence de carborundum avec une solution de virus de la Mosaïque jaune du Navet (Turnip Yellow Mosaic Virus) à 0,3 mg/ml. Un deuxième lot a été traité de la même façon en remplaçant la solution de virus par de l'eau. Tous les 2 ou 3 jours, 50 g de feuilles ont été prélevés dans chacun des lots pour en isoler les chloroplastes. Plusieurs types de réactions photosynthétiques ont été étudiés [2]. Prélèvement des feuilles, isolement des chloroplastes et réactions photosynthétiques ont été effectués dans des conditions identiques pour les plantes saines et pour les plantes virosées. En particulier, pour chaque type de réaction étudiée, les fioles correspondant aux chloroplastes des plantes virosées contenaient exactement la même quantité de chlorophylle que les fioles relatives aux plantes saines. Les déterminations des protéines ont par ailleurs montré qu'à quantité de chlorophylle égale les deux types de préparations de chloroplastes utilisés contenaient la même quantité de protéines, au moins pendant les deux premières semaines après l'inoculation. La concentration de virus dans les feuilles prélevées pour l'isolement des chloroplastes a été déterminée sérologiquement sur une partie aliquote des feuilles.

La concentration du virus dans les plantes inoculées commence à croître rapidement après une durée d'environ 7 jours. L'apparition des lésions locales sur les feuilles inoculées coïncide avec le début de la multiplication rapide du virus. C'est justement à cette période critique que nous avons pu mettre en évidence des modifications dans la vitesse des réactions photosynthétiques et notamment dans le taux de la photophosphorylation. Le dégagement d'oxygène lors de la photophosphorylation non cyclique au TPN ou au ferricyanure, autrement dit le transport des électrons, devient plus rapide chez les chloroplastes isolés des plantes virosées. L'augmentation atteint 25 % en moyenne (30 à 33 μl d'oxygène dégagé



Photophosphorylations couplées à la réduction de 4 μmoles de TPN, par les chloroplastes isolés de Choux sains d'une part, et par les chloroplastes isolés de Choux virosés, d'autre part.

en 10 mn par 0,25 mg de chlorophylle pour les chloroplastes « virosés » contre 25 μl pour les chloroplastes « sains » en utilisant comme accepteur d'électrons le ferricyanure). La formation d'ATP par photophosphorylation non cyclique est également augmentée. La quantité d'ADP phosphorylée en ATP pendant la réduction de 4 μmoles de TPN est plus grande avec les chloroplastes isolés des plantes virosées (*fig.* 1). Autrement dit, c'est le rapport ATP/2 *e* qui est augmenté; pour les chloroplastes de chou sain il ne dépasse pas 0,60 [3]; avec les chloroplastes des plantes virosées il atteint 0,75. Il semble donc que dans les chloroplastes isolés de chou virosé, les réactions de phosphorylation soient plus étroitement liées aux réactions de transport d'électrons. Cette hypothèse est soutenue par les résultats concernant la réaction de Hill au dichlorophénolindophénol (DCPIP). La formation d'ATP couplée à cette réaction est faible avec les chloroplastes normaux (1,0 μmole ATP/0,25 mg de chlorophylle et 0,2 μmole DCPIP + 8,0 μmole ferricyanure); on admet que les électrons provenant de la photooxydation

de l'eau sont utilisés pour réduire le DCPIP avant qu'ils n'atteignent les sites de phosphorylation. Avec les chloroplastes de chou virosé, la quantité d'ATP formé dans ce système est presque doublée (1,9 μmoles ATP/0,25 mg de chlorophylle et 0,2 μmole DCPIP + 8 μmoles de ferricyanure). Enfin, la phosphorylation cyclique, principalement celle catalysée par la vitamine K_3 ainsi que la photophosphorylation aérobie en présence d'ascorbate ([4]) sont également stimulées.

L'augmentation de la formation d'ATP ne dure que quelques jours, après lesquels le taux de photophosphorylation des chloroplastes de chou virosé rejoint à nouveau celui des chloroplastes normaux bien que la concentration du virus dans les feuilles continue de croître encore. Il faut attendre trois à quatre semaines après l'inoculation pour voir le taux de la photophosphorylation des chloroplastes de Chou virosé commencer à baisser en dessous de celui des chloroplastes normaux alors que les plantes sont déjà très rabougries. Ce résultat est en accord avec celui de Zaitlin et Jagendorf ([5]).

L'accroissement du taux de photophosphorylation est caractéristique des chloroplastes isolés des feuilles à lésions locales plutôt que des feuilles à infection systémique.

Au moment où la multiplication rapide du virus s'établit, il semble *a priori* que de grandes quantités d'ATP doivent être nécessaires, d'une part pour la synthèse de la protéine virus (activation des acides aminés, par exemple) d'autre part pour la synthèse de l'acide ribonucléique infectieux. La photophosphorylation accrue pourrait pourvoir à ces besoins.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) C. Martin, *Thèse Doctorat*, Fac. Sc. Paris, S. A. n° 3156, n° d'ordre 4028, 1958.
([2]) J. M. Bové et A. Goffeau, *Fruits*, 16, 1961, p. 479-511.
([3]) A. Goffeau et J. M. Bové, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2644.
([4]) G. Forti et A. T. Jagendorf, *Biochim. Biophys. Acta*, 54, 1961, p. 322-330.
([5]) M. Zaitlin et A. T. Jagendorf, *Virology*, 12, 1960, p. 477-486.

(*Insitut Français de Recherches fruitières, Paris,* et *Euratom, Bruxelles*).

GÉNÉTIQUE. — *La loi de la parenté botanique et son influence sur la réussite des greffes chez les plantes.* Note de M. **Constantin T. Popescu**, présentée par M. Roger Heim.

M. Adanson est le premier naturaliste ayant formulé la nécessité d'une parenté botanique pour la réussite des greffes chez les plantes. D'après l'opinion de cet auteur : « deux plantes ne peuvent être greffées avec succès l'une sur l'autre que si elles appartiennent à la même espèce ou au moins au même genre, à la même famille. »

Plus tard, De Candolle subordonna les caractères reproducteurs aux caractères anatomiques et physiologiques. Se référant à cette dépendance, Duchartre s'exprime ainsi : « L'analogie entre genres voisins et espèces du même genre porte, non seulement sur la ressemblance extérieure, mais également sur la structure intérieure qui peut amener des résultats physiologiques analogues. »

Les nombreuses expériences qui furent effectuées par nous sur des plantes appartenant à des familles très différentes en employant, soit la méthode des décortications annulaires complètes ou incomplètes, soit en pratiquant certains systèmes de greffage, nous ont permis de tirer les *conclusions suivantes :*

a. Toute cellule vivante, quel que soit le tissu auquel elle appartient, est susceptible de se diviser et peut donner naissance à d'autres tissus nouveaux totalement différents, aptes à des fonctions physiologiques distinctes.

b. Au moment de l'opération du greffage, le stade du développement du greffon et du porte-greffe doit présenter les mêmes modifications morphologiques et physiologiques internes, caractères qui ne se rencontrent qu'aux extrémités des tiges principales et secondaires.

Lucien Daniel soutient que le greffage entre le haricot et la fève (Légumineuses appartenant à deux tribus différentes) ne réussit qu'à la condition d'employer le greffage siamois. Si nous voulons passer de ce système au greffage olodibiose par le pincement des feuilles, celui-ci ne réussit pas et les deux plantes périssent.

Cependant, dans nos expériences personnelles, en pratiquant le greffage olodibiose entre le haricot et la fève, nous avons réussi à obtenir des résultats positifs quant à la possibilité de greffage non seulement entre les plantes qui se rattachent à des tribus différentes faisant partie d'une même famille, mais aussi entre végétaux appartenant à des familles très différentes.

En effectuant des paradibioses entre l'*Helianthus annuus* et le *Phaseolus vulgaris* (« Soissons à rames »), transformées ensuite en olodibiose, nous avons constaté des modifications qui se manifestaient par des variations

portant sur la dimension et la forme de la tige, des feuilles et tout particulièrement de l'inflorescence, également la réduction du capitule, le nombre des fleurs ainsi que l'intensité du coloris.

Une autre expérience, mettant en évidence l'influence du greffage sur la transmission du parfum du *Dianthus Caryophyllus* aux fleurs du *Phaseolus vulgaris*, nous a permis de tirer les conclusions suivantes :

Bien que ces deux plantes appartiennent à des familles différentes et possèdent des appareils assimilateur et absorbant distincts, néanmoins, au niveau de la soudure se produisent des échanges qui engendrent des modifications chimiques dans la vie des deux conjoints.

Les modifications d'ordre chimique, le parfum dans notre cas, se manifestent par le caractère nouveau des fleurs du haricot « Soissons à rames », déjà dès la seconde année de la vie en commun jusqu'à la sixième année chez le parabiote du haricot, de même que chez sa descendance.

Nous avons réalisé des greffes entre les Solanacées et les Légumineuses en réussissant à greffer le haricot à rames sur le *Solanum Lycopersicum*. Le résultat de cette expérience consiste dans le retardement de la maturation des fruits du haricot qui restent verts pendant toute la période de la végétation.

I. V. Mitchourine a réussi à réaliser une paradibiose entre le *Citrus Limonum* et son hybride, le « Beurré » *Zimniaia*.

Les nombreuses expériences et observations effectuées sur différentes plantes appartenant, soit à la même famille, soit à des familles, ordres et classes différents, nous donnent la possibilité de nous prononcer sur la valeur absolue de la parenté botanique dans la réussite des greffes végétales.

Nous avons réussi à greffer des plantes comme *Sedum roseum* (Crassulacée) sur des plantes qui appartiennent à des familles très diverses et notamment : sur *Morus nigra*, *Ficus Carica*, sur *Helianthus tuberosus*, sur *Lycium vulgare*, sur *Rosa canina*, *Mirabilis Jalapa*, sur *Amaranthus sanguineus*, sur *Vitis vinifera*.

Sur les mêmes plantes nous avons greffé : *Sedum Telephium*, *Sedum purpureum*, *Sedum Fabaria*, *Sedum maximum*, *Sedum alpestre*, *Sedum floriferum*, et, d'autre part, le *Sempervivum ruthenicum* et le *Sempervivum tectorum* sur *Morus nigra*.

Dans la famille des Commelinacées, nous avons greffé le *Tradescantia zebrina* sur *Opuntia vulgaris*, sur *Phaseolus vulgaris*, sur *Morus nigra*, sur *Lycium vulgare*, sur *Helianthus tuberosus*, sur *Ficus Carica*, sur *Forsythia Fortunei*, de même que sur les fruits du *Cucurbita maxima*.

Nous avons greffé le *Portulaca grandiflora* sur *Morus nigra*, *Phaseolus vulgaris* et *Pereskia*.

L'*Opuntia vulgaris* greffé sur le *Morus nigra* a fleuri un mois après le greffage, et a donné des fruits qui sont arrivés à maturité à la fin du mois d'octobre 1961.

Les nombreuses expériences que nous avons entreprises nous permettent de conclure que les greffes végétales ne peuvent être effectuées, ainsi que l'affirmaient les anciens auteurs, uniquement entre les races et les espèces appartenant au même genre de plantes d'une famille déterminée, mais bien aussi entre les espèces et les genres de plantes appartenant à des familles très éloignées du point de vue de leur parenté.

(*Laboratoire de Physiologie végétale et Génétique de l'Université de Bucarest.*)

ÉCONOMIE RURALE. — *De l'emploi pratique du molybdène comme engrais pour la culture du Soja* (1). Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Roger Gautheret.

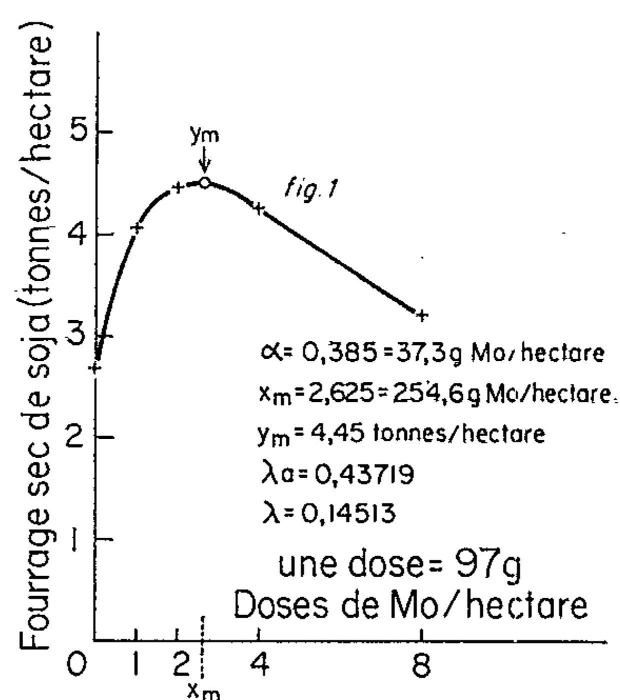
L'oubli de la loi de l'optimum de concentration nutritive de Gabriel Bertrand avait fait croire que le molybdène n'était utile que pour des cultures entraînant des manifestations pathologiques de carence. Nos expériences prouvent qu'avec des quantités aussi petites que 88 à 250 g de molybdène par hectare, on peut considérablement augmenter les récoltes de Soja ou de Pois, en utilisant cet élément dans des terres où l'analyse classique ne permet pas de déceler de déficience.

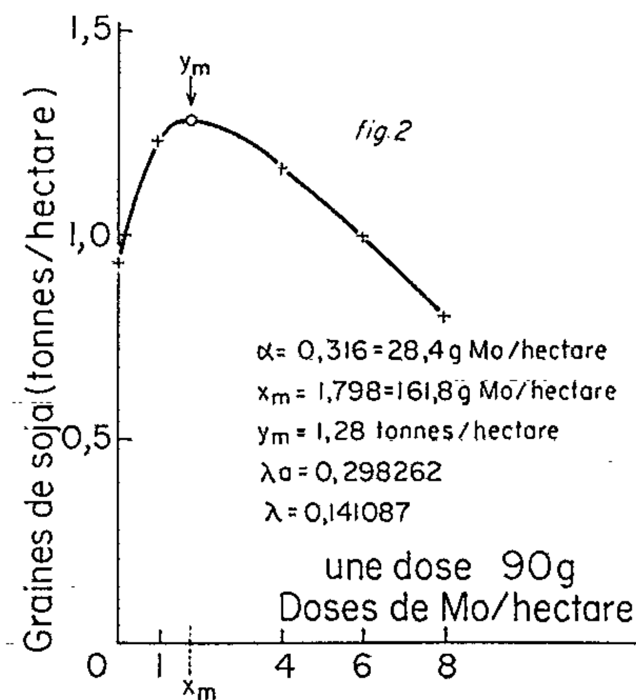
Bien que la première application des oligoéléments en agriculture ait été réalisée par Gabriel Bertrand en 1904 avec du manganèse (2), son emploi fut malheureusement bien négligé. La croissance de la population mondiale entraînant un accroissement considérable des besoins en produits alimentaires, il fut nécessaire de développer les terres cultivables, si bien que la notion de carence en oligoéléments commence à se répandre dans le monde. Cependant on oublie trop qu'en dehors de manifestations pathologiques une plante peut ne pas avoir ses besoins satisfaits en oligoéléments, ce qui entraîne, exactement comme pour le cas de l'azote, du phosphore, du potassium et du soufre, une diminution de rendement très préjudiciable à l'économie rurale. Les techniques analytiques actuellement en usage qui donnent, en principe, la possibilité de prévoir une carence en oligoéléments, sont en fait non seulement très laborieuses mais aussi très aléatoires. D'autre part, la notion capitale de la loi de l'optimum de concentration nutritive de Gabriel Bertrand est complètement négligée, si bien qu'ignorant les quantités d'oligoéléments à répartir, il arrive le plus souvent qu'on en mette trop, ce qui aboutit à une diminution de récolte par effet toxique.

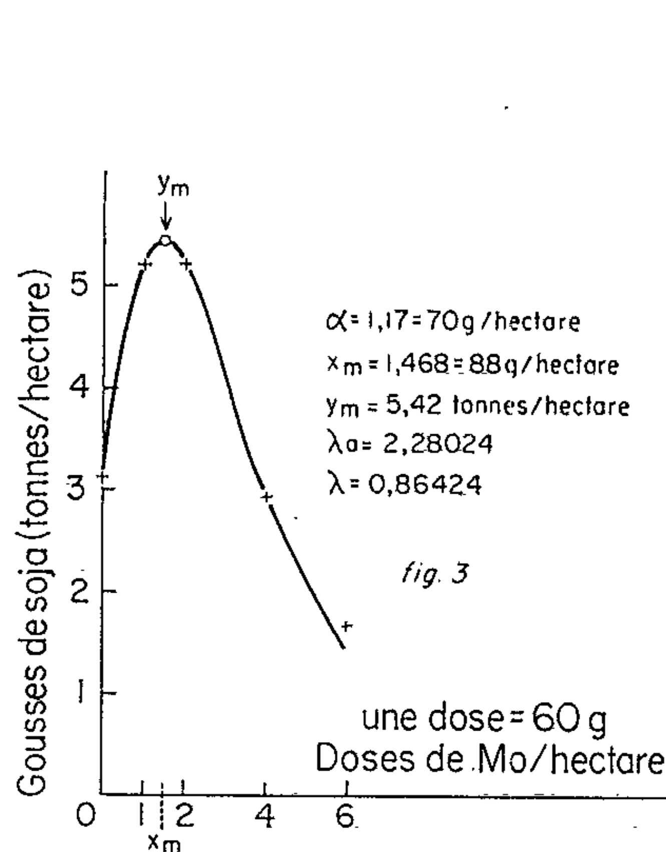
C'est dans le but d'essayer de combler ces lacunes que nous avons entrepris la série d'études dont quelques-uns des premiers résultats sont exposés ici. Les subcarences en oligoéléments étant en général complexes, il fallait, pour simplifier le problème, prendre une plante dont les besoins en un oligoélément donné fussent assez grands par rapport aux autres pour pouvoir négliger en première approximation l'effet de ces derniers. Nos recherches nous ayant montré, dès 1939, que les Légumineuses étaient très riches en molybdène, nous avons commencé par étudier l'influence de ce métal sur le Soja ou le Pois cultivés en pleine terre, en champs, dans les conditions habituelles de la technique agricole. Le molybdène a été ajouté sous forme de molybdate d'ammoniaque (54 % de molybdène), mis en solution répandue sur le sol dès que la plante avait quelques centimètres. Ce sel n'apporte qu'une quantité d'azote parfaitement négligeable par rapport aux besoins de la plante. Diverses doses par hectare ont été essayées, et les courbes de croissance ont été calculées avec la formule $y = y_m e^{-\lambda(x+\alpha-a)}(x+\alpha/a)^{\lambda a}$ (3). Nous donnons les résultats des analyses

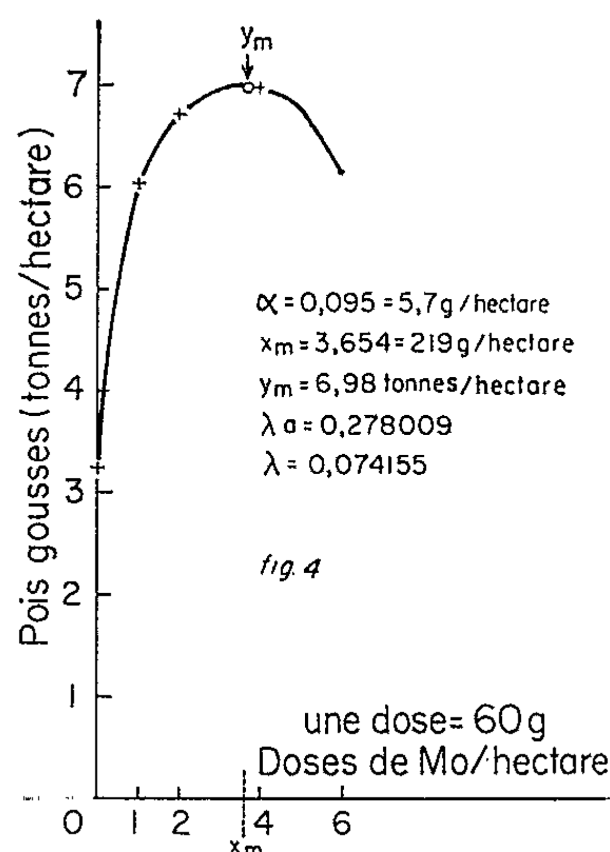
comparatives du sol en molybdène (4), soit dans l'extrait chlorhydrique normal, soit après extraction avec l'acétate d'ammonium, techniques d'usage courant, mais parfaitement arbitraires, car l'on ignore en fait totalement les possiblités d'extraction du molybdène par les racines.

Vingt-huit expériences ont été réalisées depuis trois ans sur le Soja et le Pois. *Toutes* sont dans le même sens, nous n'en relaterons ici que quatre à titre d'exemple.









1° En 1961, à Saint-Martin-de-la-Coudre (Charente-Maritime) : terrain ayant servi à des cultures potagères, renfermant 12 mg de molybdène par kilogramme (extraction à acide N) et 171 µg/kg (extractible par acétate d'ammonium) ayant reçu comme engrais, par hectare, 50 t de fumier, 500 kg de superphosphates et 120-150 kg de chlorure de potassium. Semis de Soja (variété Capitol) le 28 juillet. Molybdène ajouté le 17 août; quatre lots de $5\ m^2$ avec 230 plantes en moyenne par lot; récolte de fourrage le 21 octobre. La figure 1 montre que l'optimum de récolte de fourrage,

égal à 1,67 fois le témoin, est réalisé pour seulement 254,6 g de molybdène par hectare. Cet optimum peut encore être plus faible ainsi que le montrent les exemples suivants, relatifs à la même variété de Soja. 2° La figure 2 correspond à la récolte des grains d'une culture faite en 1962 dans la Nièvre, commune de Biches (1,8 m² et 182 plantes par lot). Limon lourd (4 % de calcaire), molybdène extractible par acide N : 9 mg/kg et par acétate d'ammonium : 117 μg/kg, pH 6,7. 150 kg d'azote nitrique par hectare avaient été ajoutés comme engrais. L'optimum passe à 161,8 g de molybdène par hectare pour une récolte égale à 1,38 fois le témoin. 3° Toujours pour le même soja (*fig.* 3), à Athis-Mons (Seine-et-Oise), la récolte de gousses est optimale pour seulement 88 g de molybdène ajoutés à l'hectare, elle est pourtant égale à 1,76 fois le témoin. 3,4 m² et 100 plantes par lot, limon lourd (2 % de calcaire), 8,4 mg de molybdène par kilogramme extractibles à l'acide et 400 μg/kg extractibles par l'acétate d'ammonium. Ce dernier cas surtout montre la nécessité de cette étude, car au-delà de 240 g de molybdène par hectare ajoutés à ce sol il y a toxicité marquée et diminution de récolte. 4° Enfin (*fig.* 4) pour le Pois (Pois nain hâtif d'Annonay) et 63 plantes par lot de 1 m², à Juvisy-sur-Orge (Seine-et-Oise), 6,3 mg de molybdène par kilogramme extractibles à l'acide et 102 μg/kg extractibles par l'acétate d'ammonium, pH 6,9; 21 kg d'azote nitrique par hectare, représentant l'optimum pour les témoins. La récolte optimale des gousses (2,1 fois le témoin) est obtenue avec 219 g de molybdène par hectare.

En conclusion, dans des sols de pH voisins de la neutralité et où le molybdène dosable est en quantité non négligeable, l'apport de seulement 88 à 250 g de molybdène par hectare a permis partout de multiplier les rendements en Soja ou en Pois de 1,38 à 2,1 fois. Les variations de teneur en molybdène des sols, obtenues par extraction avec l'acétate d'ammonium reflètent mieux la réalité que celles obtenues par extraction acide mais ne peuvent suffire à établir s'il y a subcarence ou non.

(1) Avec la collaboration technique de M. A. de Wolf, plus celle de M. Escande pour la première expérience.

(2) *Comptes rendus*, 141, 1905, p. 1255; Erratum, 142, 1906, p. 68.

(3) D. Bertrand, *Comptes rendus*, 245, 1962, p. 2810 et *C. R. Acad. Agr.*, 1962, p. 442.

(4) D. Bertrand, *Comptes rendus*, 243, 1961, p. 2977.

(*Institut Pasteur, Paris.*)

ZOOLOGIE. — *Sur la segmentation thoracique des Spirobolides et Spirostreptides (Diplopodes).* Note (*) de M. **Jean-Marie Demange**, présentée par M. Louis Fage.

L'étude de la musculature des Spirobolides et Spirostreptides démontre la nature double des segments thoraciques. Certains appendices manquant pour compléter ces segments ont été découverts sous forme de vestiges dont les plus visibles sont la vulve et ses dépendances ainsi que le pénis. Chez les Spirobolides la preuve d'un déplacement, vers l'avant, des appendices est apportée.

Les trois premiers segments thoraciques des Diplopodes sont incomplets, les bords de l'arc pleuro-tergal, généralement libres, laissent subsister un espace dans lequel se logent les membres. Le premier segment est apode tandis que les deux suivants portent, chacun, une paire de pattes libre. Quant au quatrième segment, premier anneau de l'abdomen, il ne présente qu'une seule paire de membres mais l'on sait, depuis W. Bigler [1] qu'il s'agit des appendices postérieurs, les antérieurs ayant disparu. Ceux-ci sont encore visibles chez les ♀ de *Chordeuma* sous forme de « platosternite ».

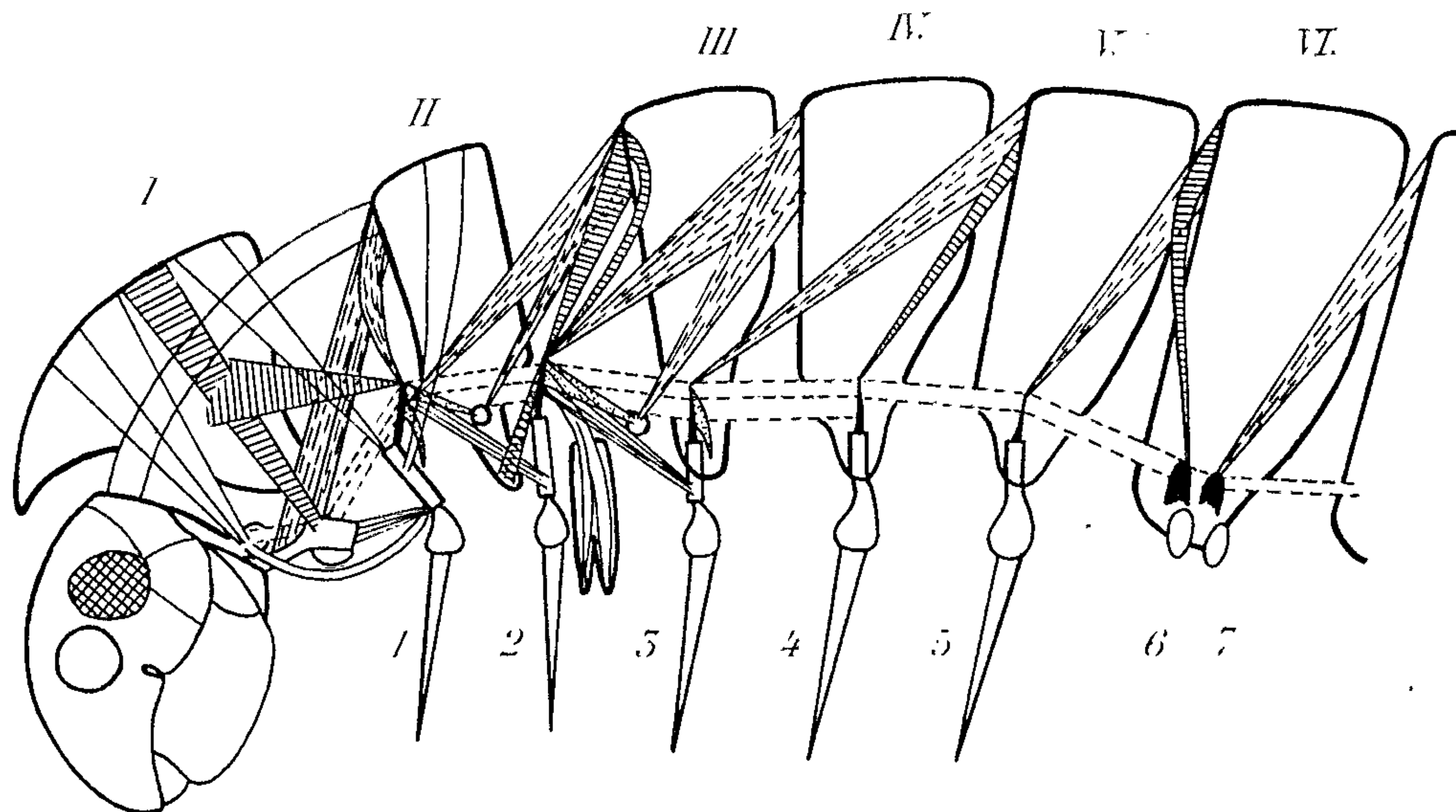
Cette disposition particulière a, depuis longtemps, retenu l'attention des auteurs et fait l'objet de deux hypothèses basées sur la nature simple, généralement admise, ou double [Verhoeff [3]] des segments thoraciques. Les vulves seraient, dans le dernier cas, les vestiges des appendices postérieurs du segment III. Chez les Spirobolides, toutefois, les cinq premières paires de pattes, à l'inverse des autres Diplopodes, paraissent correspondre, chacune, à un anneau ce qui a fait supposer à F. Silvestri [2] qu'un déplacement des pattes vers l'avant s'est produit secondairement. K. W. Verhoeff [3] nie ce déplacement en supposant que la paire antérieure du cinquième segment a disparu tandis que le segment II conserve ses deux appendices originaux et en considérant la vulve comme les vestiges de la paire antérieure du segment III.

Nous avons étudié l'anatomie des premiers segments dont la figure ci-jointe montre la musculature chez *Pachybolus laminatus chevallieri* Bröl.. Nous ne retiendrons que les faisceaux suivants : *a.* dorso-ventraux antérieurs (hachures) et postérieurs (tiretés); *b.* obliques poche trachéenne-sclérite (pointillés) et poche trachéenne-syncoxosternite (lignes continues); *c.* longitudinaux (tirets); *d.* poche trachéenne à lèvres du segment (quadrillés).

Nous voyons alors que la double paire de pattes d'un diplosegment porte un dorso-ventral antérieur aboutissant au segment et un dorso-ventral postérieur se rendant au segment suivant. Ce dernier se retrouve à toutes les pattes sauf la troisième dont le muscle traverse, ceci est important, le segment IV pour s'insérer sur le V. Seules les pattes 1 et 2 possèdent un dorso-ventral antérieur celui de la patte 1 aboutissant dans le lobe collaire. Certaines espèces possèdent des antérieurs aux pattes 3.

Nous remarquons en arrière des pattes 1 et 2 un petit sclérite sur lequel s'insère un dorso-ventral postérieur et un oblique aboutissant, en avant, à la poche trachéenne. Un muscle identique et homologue se trouve en arrière des pattes 1 et 3, mais cette fois le point d'insertion n'est accompagné d'aucune sclérification. Chez celui de la patte 1 un dorso-ventral postérieur vient le rejoindre sur la poche trachéenne. La gula, située en avant de la patte 1 montre elle aussi une série dorso-ventrale.

Nous avons bien là une musculature typique avec des séries homologues de dorso-ventraux et d'obliques qui démontrent suffisamment que la gula, les deux sclérifications, souvent beaucoup plus importantes chez d'autres espèces et les deux muscles obliques des pattes 1 et 3 sont les vestiges des membres disparus des diplosegments du thorax. La gula est bien un membre modifié, les muscles longitudinaux et obliques le confirment.



Chez les Spirostreptides la musculature est identique, mais du fait du décalage des pattes ambulatoires, le dorso-ventral postérieur de la patte 3 ne saute pas le segment IV puisque la patte en question lui correspond. La déportation, vers l'avant, suggérée par F. Silvestri pour les Spirobolides est bien prouvée par la position de ce muscle et confirmée par l'existence du faisceau (quadrillés) de la patte 2 aboutissant à la lèvre du segment II chez les Spirobolides et du segment III chez les Spirostreptides.

La disposition typique des pattes chez les Diplopodes est donc la suivante, d'arrière en avant : la 4e paire appartient au segment V, les vestiges et la troisième paire au segment IV, les vestiges (sclérite) et la deuxième paire au segment III, les vestiges (sclérite) et les muscles vestigiaux au segment II, la première paire et la gula au segment I (collum).

La position des orifices génitaux dans le segment III est fixe contrairement à ce que pensait K. W. Verhoeff.

En ce qui concerne précisément le sclérite situé en arrière des pattes 2, il est bon de connaître, chez le ♂ comme chez la ♀, la patte à laquelle il appartient. Est-ce un vestige de la patte disparue, support original des orifices génitaux ? Nous le pensons car chez les *Harpagophoridæ*, où il existe une sclérification très volumineuse à l'orifice du sac vulvaire, les deux muscles, correspondant au sclérite du ♂, aboutissent, chez la ♀, à la duplicature postérieure. On retrouve, en outre, deux muscles dorso-ventraux partant du segment III et aboutissant l'un à la duplicature antérieure, l'autre à la base de la vulve. La vulve et ses dépendances ainsi que le pénis sont bien d'origine appendiculaire et chez le ♂ le sclérite du segment III est un vestige de la patte originale portant l'orifice génital.

Les points importants qui ressortent de cette étude sont que les segments thoraciques ont une origine double et que les appendices de ces semgents subissent chez les Spirobolides, un déplacement vers l'avant. Les appendices apparemment disparus existent sous forme de vestiges dont les plus importants sont le pénis et la vulve.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) W. BIGLER, *Rev. Suisse Zool.*, 21, 1913, p. 675-793.

(2) F. SILVESTRI, *Supp. Acari Myr. Scorp. Ital. rep. Portici*, 1903, p. 1-272.

(3) K. W. VERHOEFF, *Bronn's Tier.*, 5 abt., 1926-1932, p. 1-2084.

(*Laboratoire de Zoologie du Muséum National d'Histoire naturelle.*)

ZOOLOGIE. — Dextrogaster suecica *n. g., n. sp., Ascidie interstitielle des graviers du Skagerrak* (¹). Note (*) de Mme **Françoise Monniot**, présentée par M. Louis Fage.

Cette espèce, très fragile, a été trouvée dans les graviers situés à l'Ouest de Byxeskären, île proche de la station biologique de Kristineberg à une profondeur de 20 m. Les cinq exemplaires trouvés sont adultes. Ils mesurent respectivement : 0,8, 1, 1,2, 1,3 et 1,3 mm.

Description. — Le corps aplati latéralement est recouvert d'une tunique mince, transparente et souple; quelques graviers peuvent y être fixés. Le corps n'adhère à la tunique que par la région des siphons. Les siphons sont très éloignés l'un de l'autre et peuvent même être opposés. Le siphon buccal possède six lobes triangulaires bien développés. L'orifice cloacal reste lisse (*fig.* A).

Les huit tentacules coronaux, longs et simples, sont insérés très haut dans le siphon buccal et peuvent en sortir en simulant des lobes supplémentaires. Par contre le sillon péricoronal se place beaucoup plus bas.

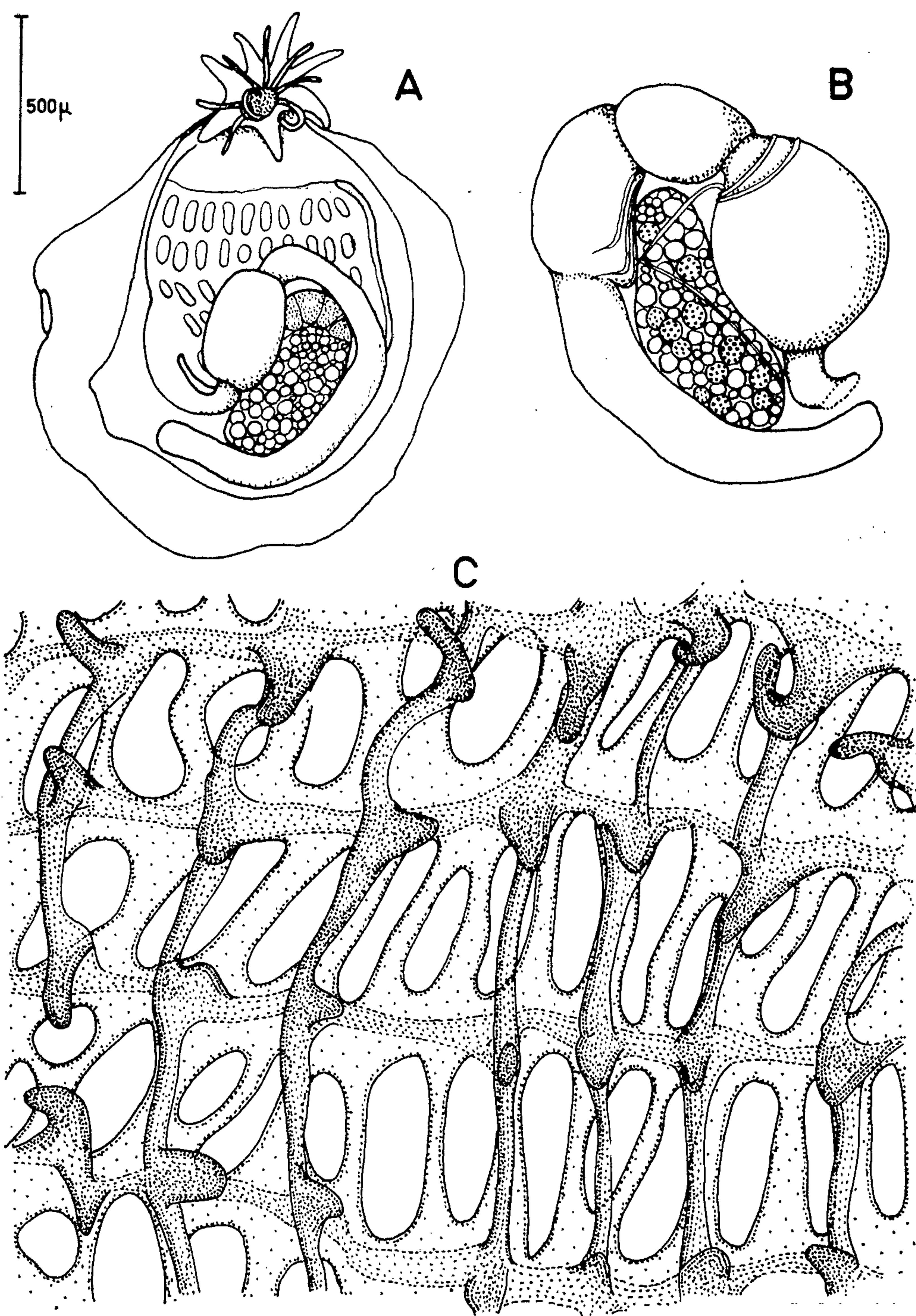
La structure branchiale est assez primitive. On compte huit rangées de stigmates. Ceux des six premières sont droits et longitudinaux. Les derniers sont plus irréguliers. Les sinus longitudinaux sont au nombre de 12 ou 13 de chaque côté. Ils ne sont complètement formés que dans la partie moyenne et ventrale de la branchie (*fig.* C). Ailleurs, c'est-à-dire sur la première rangée de stigmates, près du raphé et dans la partie postérieure, ils existent sous la forme primitive de papilles trifurquées dont les branches ne sont pas encore soudées entre elles.

Le raphé très court est constitué d'un petit nombre de languettes. L'endostyle large et bas n'atteint pas l'entrée de l'œsophage.

Le tube digestif (*fig.* B) est situé à droite de la branchie. Il se compose d'un œsophage long, coudé, séparé de l'estomac; celui-ci est nettement différencié, cylindrique, lisse. Ouvert, il se montre tapissé intérieurement de petites papilles. L'intestin comprend deux parties séparées par un étranglement du côté interne. Le rectum est très long et passe sous l'œsophage fermant ainsi la boucle du tube digestif. Cette disposition paraît très constante dans la sous-famille des *Rhodosomatinæ*.

La gonade hermaphrodite (*fig.* A et B) forme une seule masse entièrement située dans la boucle intestinale : la partie mâle externe et antérieure est recouverte du côté interne par la partie femelle qui s'étend le long du rectum. Les œufs les plus âgés se colorent et prennent un aspect ponctué.

Diagnose du genre Destrogaster. — Ascidie simple. Corps de très petite taille à siphons éloignés. Tentacules simples insérés très haut. Branchie à stigmates droits, sinus longitudinaux élevés, papilles. Raphé en languettes. Tube digestif situé à droite, divisé en régions marquées; estomac lisse extérieurement. Une gonade hermaphrodite dans la bouche intestinale.



A, habitus, côté droit; B, tube digestif et gonade, face interne; C, branchie.

Position systématique. — Cette famille des *Rhodosomatinæ* (tube digestif à droite et stigmates droits) comprenait trois genres :

Rhodosoma Ehrenberg, 1828 : ascidies de grande taille, à tunique dure, siphons très rapprochés recouverts par une différenciation en clapet de la tunique;

Abyssascidia Herdman, 1880 : taille à l'ordre du centimètre, estomac rayé extérieurement et gonades situées du côté droit de l'anse intestinale;

Xenobranchion Arnbäck-Christie-Linde, 1950 : Ascidie composée à estomac rayé et sinus très irréguliers.

Dextrogaster suecica représente la première espèce de cette sous-famille dans les mers boréales.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) M. le Docteur Swedmark m'a accordé de grandes facilités de travail dans son laboratoire et le Centre National de la Recherche Scientifique m'a fourni les moyens matériels pour effectuer cette mission en Suède.

(*Institut de Zoologie, Faculté des Sciences, Nancy.*)

ENTOMOLOGIE. — *Absorption cyclique du saccharose par les Abeilles :* Apis mellifica. Note (*) de M. **Maurice Mathis**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Le sirop de sucre mis à la disposition des abeilles d'une ruche tout près de celle-ci ou à une certaine distance n'attire jamais en dépit de sa richesse : 80 à 90 % de saccharose qu'une petite partie de la population totale.

Au cours de nos toutes premières observations en 1942-1945 à Tunis ([1]), nous avions été étonné par les petites quantités de sirop Codex absorbé par les Abeilles alors qu'il était mis à leur disposition, en quantité constamment renouvelée, à l'intérieur même de la ruchette pour éviter la venue intempestive des Abeilles étrangères dites : « *pillardes* ».

En utilisant une ruche François Huber ([2]) dans laquelle les Abeilles pouvaient être claustrées ou libérées à volonté, nous avons pu préciser ce cycle d'absorption à Paris même en mai-juin-juillet 1960 sur un balcon au 2e étage. Les Abeilles étaient amorçées sur une coupelle de sirop de sucre déplacée de mètre en mètre selon la technique classique de Karl von Frisch ([3]). Lorsque les Abeilles étaient habituées à venir régulièrement au chantier, le sirop de sucre était entreposé dans un verre retourné sur une assiette; le verre étant gradué nous pouvions suivre d'heure en heure, avec précision les quantités de sirop emportées. Tous les matins pendant une demi-heure, les Abeilles étant claustrées depuis la veille, nous vérifiions que le sirop, sans parfum, n'attirait aucune « *pillarde* » ce qui était particulièrement facile à Paris même; sans cette précaution, on pourrait conclure qu'un sirop d'une telle richesse est toujours emporté en quelques minutes par des milliers d'abeilles-ouvrières très avides de sucre, sans se douter qu'elles appartiennent à des dizaines de populations différentes.

(*Voir* ci-dessous la courbe d'absorption du sirop de sucre, *fig.* 1.)

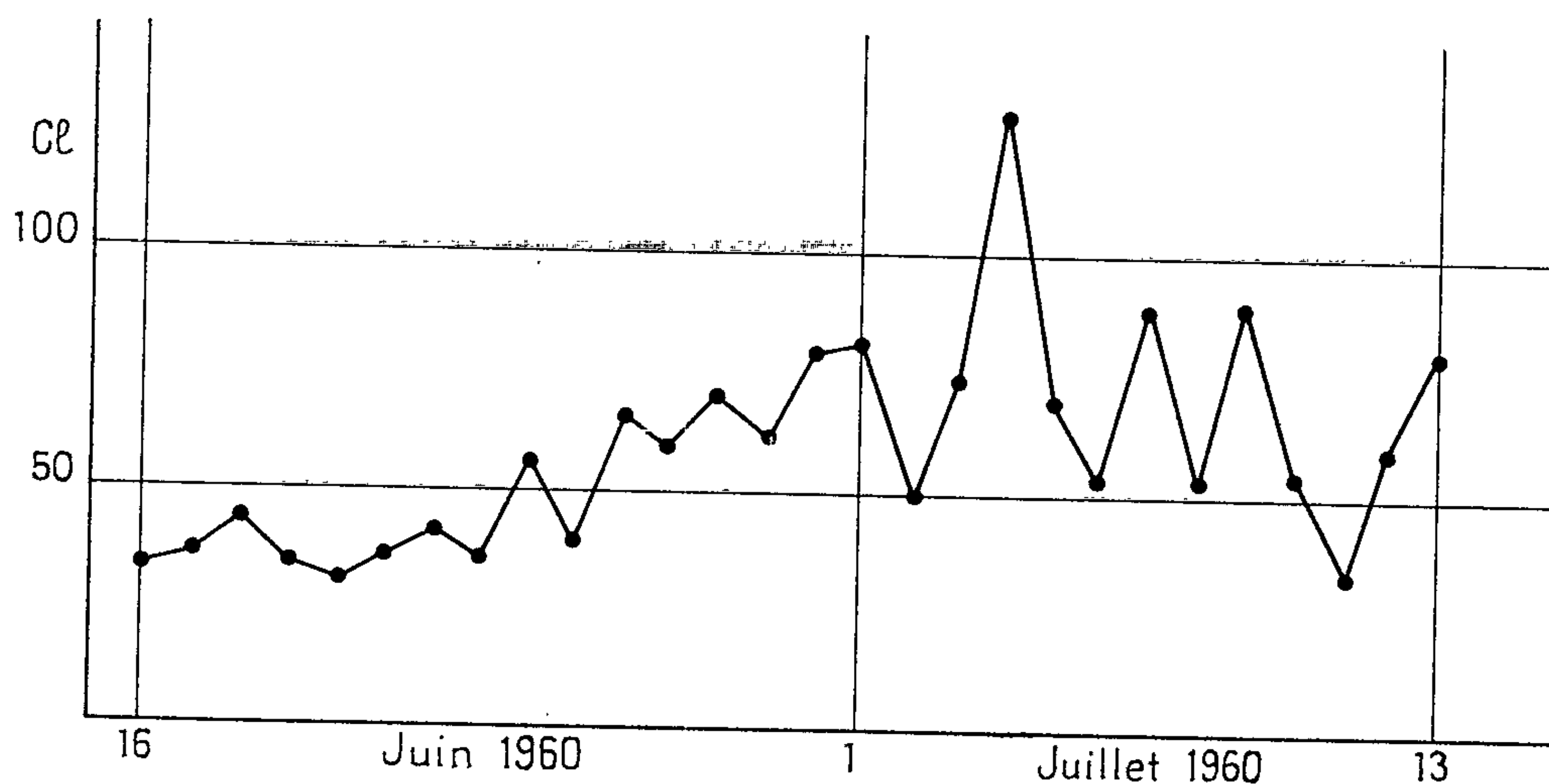


Fig. 1.

Faisons remarquer que la population est passée de 5 000 à 20 000 Abeilles. Une centaine d'ouvrières renouvelées étaient seules chargées de l'exploitation de ce chantier, les autres revenant chargées de pelotes de pollen ou le jabot rempli du nectar des fleurs naturelles des arbres des environs : acacias, tilleuls, troènes, moutardes, etc..

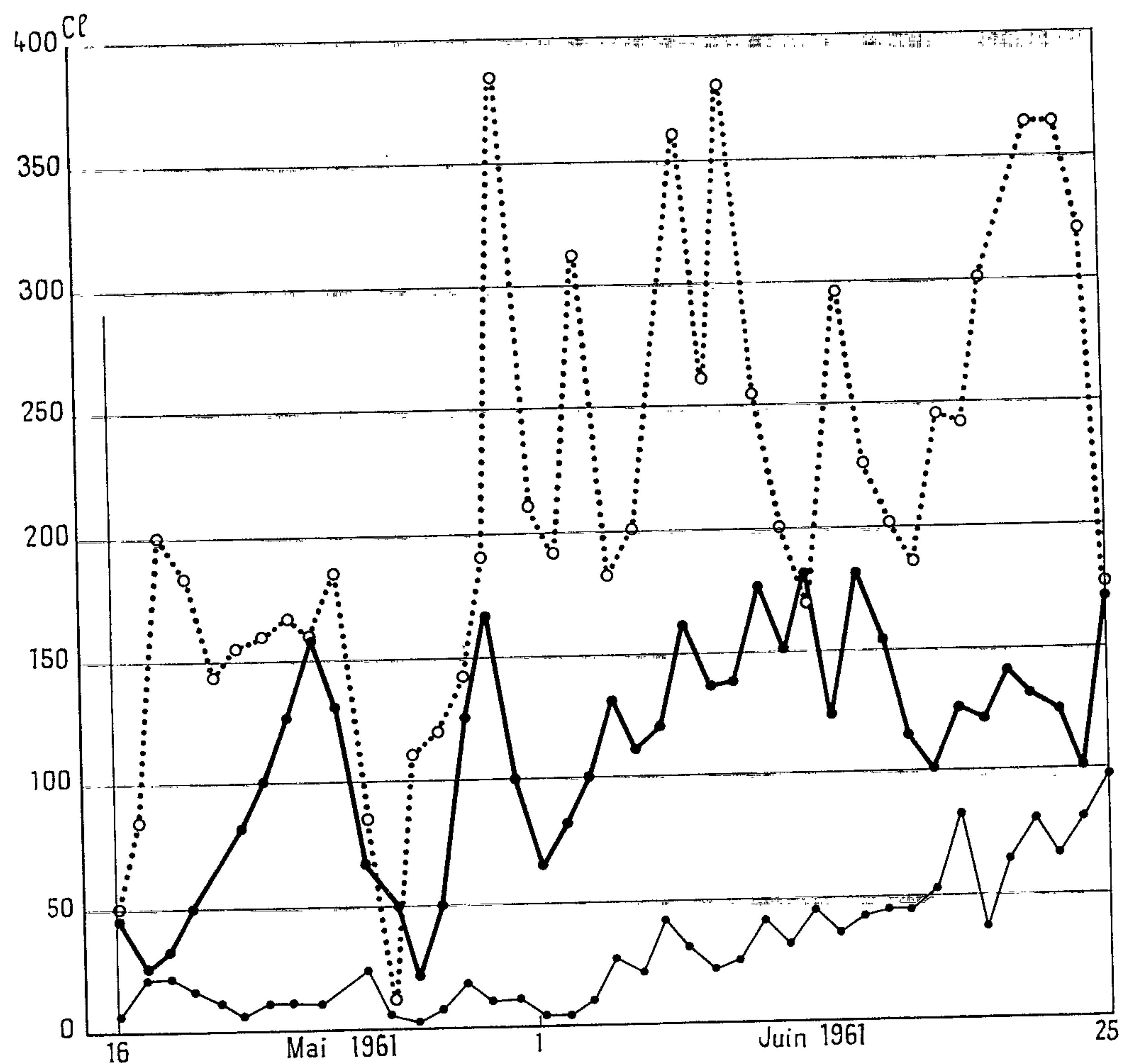


Fig. 2.
Courbe d'absorption de sirop de sucre absorbé par une ruche François Huber à Paris.

Contrairement à l'interprétation toute « *anthropomorphique* » de l'accumulation inconsidérée de miel mis en réserve, les Abeilles ne rapportent pas indéfiniment le sirop mis à leur disposition, si riche soit-il, les millions de fleurs nectarifères qui s'épanouissent ne sont donc visitées qu'en très petites quantités.

Pour préciser la variation des quantités de sirop de sucre emportées par les abeilles, nous avons renouvelé l'expérimentation en 1961 aux environs de Paris avec trois ruches aux populations toutes différentes. Dans la courbe ci-dessous (*fig.* 2), on remarquera que les absorptions de sirop

ne sont pas identiques les mêmes jours, donc indépendantes de la température extérieure et de l'insolation.

Quoiqu'il soit très difficile de suivre exactement le nombre total des Abeilles d'une ruche si l'on ne veut pas la perturber par des examens répétés, nous estimons de 5000 à 10000 les Abeilles de la ruche III; 15000 à 20000 abeilles celles de la ruche II; 20000 à 25000 Abeilles celles de la ruche IV.

Reprenant la même expérience en 1961 et 1962 dans le Lot-et-Garonne, nous avons pu noter qu'une ruche unique située seule dans un bois était capable de transporter tous les jours de 5 à 12 l de sirop de sucre mis à la disposition des abeilles à plus de 500 m de cette ruche. Les Abeilles étaient même si avides de sucre que nous nous sommes contentés de leur donner du sirop à 25 % et même à 12,5 % de saccharose.

En conclusion, l'absorption du sirop de sucre, si concentré soit-il dépend de la population d'une colonie d'Abeilles suivant la même loi cyclique, mais dix ruches de 10 000 Abeilles chacune ne rapporteront au total que le quart d'une seule colonie de 100 000 Abeilles.

Dans une région donnée au point de vue floral, 10 ruches puissantes rapporteront plus que 100; nous retrouvons ici l'importance du facteur « *thermœcique* » soulignée en 1912 par Émile Roubaud.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(1) M. Mathis, *Vie et Mœurs des Abeilles*, Payot, 1951.

(2) Fr. Huber, *Nouvelles observations sur les Abeilles*, Genève 1814.

(3) Karl von Frisch, *Aus dem Leben des Bienen*, Springer-Verlag, Berlin, 1953.

ENTOMOLOGIE. — *Causes et conditions du dépérissement du Pin maritime dans le Var.* Note (*) de M. CONSTANTIN CHARARAS, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Depuis 1956 on a observé dans le département du Var un dépérissement des pins maritimes qui s'est généralisé si rapidement qu'en certains points les peuplements sont détruits à 95 %; c'est le cas en particulier de la forêt du Dôm, de Bormes et des environs de Saint-Tropez. Actuellement, plus de 50 000 ha de pinèdes sont en voie de disparition totale. La mauvaise adaptation du Pin maritime aux conditions du milieu, la pullulation des insectes xylophages (Coléoptères, Scolytides et Curculionides, Lépidoptères) et les conditions climatiques locales (chaleur et sécheresse) sont les causes essentielles de ce dépérissement. On peut en conclure que le Pin maritime est destiné à disparaître de la zone côtière pour y être remplacé par le Chêne-liège. Par contre, le Pin parasol et le Pin d'Alep sont très bien adaptés.

1. CAUSES ET PROCESSUS DU DÉPÉRISSEMENT DU PIN MARITIME. — Bien que le Pin maritime soit considéré comme une essence d'adaptation facile, la monoculture, le froid rigoureux du printemps 1956 et la sécheresse estivale répétée ont déterminé un déséquilibre physiologique qui a autorisé l'installation des insectes parasites. D'origine secondaire, ces insectes en surpopulation se comportent maintenant comme des espèces primaires car ils s'attaquent aux arbres apparemment sains. Il ne s'agit d'ailleurs que d'une apparence car dans tous les cas l'analyse biochimique a montré que les arbres attaqués souffraient d'une déficience physiologique certaine.

Cette déficience s'explique par la mauvaise adaptation du Pin maritime aux conditions écologiques et climatiques. Dans cette région, en effet, la température est favorable à l'essaimage dès le mois de février et certains insectes (*Blastophagus* par exemple) peuvent développer trois générations dans l'année. L'évolution des populations et partant leur extension se trouvent ainsi considérablement accélérées. En même temps, la sécheresse prolongée (avril à septembre) prédispose le Pin maritime aux attaques en diminuant sensiblement sa vitalité. Pour permettre d'apprécier exactement le rôle du facteur climatique, il me paraît intéressant de donner un exemple chiffré, extrait des nombreuses mesures de température effectuées en juillet, août et septembre au soleil, à 14 heures.

Température ambiante	40°5
» à la surface du sol	49,7
» à 2 cm dans le sol	48,3
» à 20 cm dans le sol	40,7
» à 40 cm dans le sol	37,6
» dans les vaisseaux criblés	31,7
» dans l'aubier	28,3

Dans ces conditions, les arbres ne trouvent pas dans le sol une quantité d'eau suffisante et il se produit une fanaison des aiguilles entraînant une diminution de l'assimilation chlorophyllienne qui détermine à son

tour, dans un délai de quelques jours, l'affaiblissement critique propice à l'installation des populations parasites.

Cette déficience d'origine physiologique se traduit par des modifications parfois considérables de la pression osmotique corticale, dont les variations donnent ainsi une image très nette du processus de dépérissement qu'on peut schématiser comme suit :

— Concentration du liquide dans les vaisseaux criblés par suite de l'évaporation très forte.

— Élévation anormale de la pression osmotique (18 à 23 atm) correspondant à la fanaison des aiguilles. Simultanément, on note une exhalaison très importante d'α-pinène et de β-pinène, mesurée par chromatographie en phase gazeuse.

— Lésions des tissus végétaux et en particulier nécrose des vaisseaux criblés.

— Installation des insectes parasites, Scolytides (*Blastophagus*, *Orthotomicus*), Curculionides (*Pissodes notatus* F.) et Lépidoptères. Ces conclusions ne sont valables que pour *Pinus maritima* et dans la seule zone côtière. En effet, *Pinus halepensis* (Pin d'Alep) et *Pinus pinea* (Pin parasol) paraissent au contraire parfaitement adaptés aux conditions écologiques puisqu'ils supportent sans inconvénient la température élevée et la sécheresse prolongée. C'est ainsi que pour une pression osmotique corticale de 17-21 atm, je n'ai observé chez ces deux essences ni fanaison des aiguilles ni exhalaison anormalement forte des constituants terpéniques. D'autre part, des recherches comparées montrent que dans la zone du Castanetum (forêt de Lambert, Chartreuse de la Verne, altitude 350-400 m) les pins maritimes sont actuellement très vigoureux et restent indemnes des attaques observées sur le littoral. Cette résistance paraît étroitement liée à une valeur normale de la pression osmotique dont la moyenne se situe aux alentours de 12,5 atm. En définitive, il ressort de ces diverses observations que le dépérissement du Pin maritime dans le Var est dû à sa mauvaise adaptation aux conditions locales; de ce fait, le Pin maritime ne peut offrir de résistance aux attaques des Insectes parasites.

2. Modalités de la disparition du Pin maritime dans le Var. — 1° *Disparition sans attaque préalable.* — Mal adaptés à leur milieu, les arbres souffrent tout au long de leur évolution et se trouvent en déséquilibre physiologique critique.

— Ces sujets sont attaqués secondairement par les Insectes (Scolytides, Curculionides, Longicornes, Lépidoptères) ayant terminé leur évolution et quittant les forêts entièrement détruites pour envahir les peuplements non attaqués, comme nous l'avons observé à Beauvallon au cours d'une infection grave. Dans ces conditions, les arbres attaqués meurent dans un délai d'un à trois mois.

2° *Disparition avec attaque primaire préalable.* — *a. Attaque primaire par* Blastophagus piniperda *L.* :

— Ponte entre écorce et aubier, provoquant un déséquilibre physiologique par suite du décollement de l'écorce.

— Évolution de trois générations annuelles d'où extension rapide des dégâts.

— Morsures de nutrition aux dépens des pousses annuelles entraînant une diminution de la surface d'assimilation chlorophyllienne, le dessèchement physiologique des branches et de la cime et finalement la mort de l'arbre au bout de deux mois.

b. Attaque par Pissodes notatus *F.* :

— L'insecte pond sur les sujets à écorce fraîche et mince.

— Les larves évoluent entre écorce et aubier.

— L'arbre attaqué meurt en deux à trois mois.

c. Attaque par les Lépidoptères xylophages :

— Ponte sur l'écorce puis évolution des larves entre écorce et aubier.

— Forte sécrétion résineuse qui épuise l'arbre, puis dessèchement du sommet et des branches, avec nécrose des tissus végétaux. A ce stade, l'arbre meurt rapidement et se trouve attaqué par des Insectes (Scolytides et Longicornes) qui risquent de créer une surpopulation si l'on ne prend pas la précaution d'éliminer soigneusement les arbres morts.

d. Attaque par des Cochenilles. — Depuis six mois environ, des Cochenilles s'installent sur l'écorce du Pin maritime et pénètrent jusqu'aux vaisseaux criblés; il s'agit suivant les indications de M. Balachowsky, d'espèces du genre *Matsucoccus* dont le rôle sera précisé ultérieurement.

3. Conclusion. — A l'heure actuelle, de vastes superficies boisées en Pins maritimes sont ravagées par les Insectes xylophages dans certaines régions du Var; les forêts du Dôm et des Bormes sont déjà totalement détruites et les dégâts s'étendent vers Beauvallon, Sainte-Maxime-sur-Mer et Saint-Tropez.

Cette situation catastrophique s'explique par la mauvaise adaptation du Pin maritime, par l'existence de conditions climatiques très favorables qui permettent le développement d'une surpopulation et l'extension rapide des insectes parasites, enfin par l'absence de moyens de lutte généralisés. Tous ces facteurs s'additionnent pour entraîner la disparition rapide du Pin maritime dans la zone côtière où cette essence se trouve remplacée par le Chêne-liège qui prolifère; par contre, le Pin parasol, le Pin d'Alep et le Cèdre restent indemnes de toute attaque. Pour ces raisons, l'étude comparée de la vitalité des diverses espèces fera l'objet d'une étude approfondie, susceptible de fournir d'intéressants enseignements sur l'adaptation des différentes essences, en vue du reboisement de certaines régions avec des essences bien adaptées et résistantes.

(*) Séance du 29 octobre 1962.

(*Laboratoire de Zoologie, Institut National Agronomique.*)

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Une technique de décapitation du jeune embryon d'Orvet* (Anguis fragilis *L.*). Note (*) de M. **Albert Raynaud**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

On ne possède encore que peu de renseignements sur le fonctionnement de l'hypophyse au cours du développement embryonnaire des Reptiles : la présence de différenciations sécrétoires (en particulier celle d'un matériel PAS positif) dans certaines cellules de cette glande suggère une activité fonctionnelle précoce [(1), (2), (3)]; pour connaître ces fonctions, il fallait essayer de mettre en œuvre des méthodes directes, en vue de supprimer l'hypophyse chez l'embryon : des essais de destruction des ébauches hypophysaires par irradiation localisée au moyen des rayons X ont eu lieu (4), et se poursuivent, chez l'embryon d'Orvet; une autre méthode s'offrait : la suppression de l'hypophyse par décapitation chirurgicale de l'embryon; cette méthode avait déjà été employée à des stades précoces chez l'embryon d'Oiseau et à des stades relativement tardifs chez le fœtus de Mammifères; chez l'embryon des Reptiles elle présentait des difficultés particulières car l'embryon est peu accessible aux interventions chirugicales, l'œuf et les membranes sont fragiles, et la position de la tête, aux stades précoces, constitue une complication supplémentaire. L'élaboration d'une méthode pratique de culture des œufs d'Orvet dans un milieu à base d'albumine d'œuf de Poule (5) m'a permis de tenter cette opération.

La méthode de décapitation que j'ai mise au point est la suivante : L'Orvet gravide est anesthésié à l'éther et ouvert sur la ligne médio-ventrale; les oviductes sont alors prélevés et placés dans une boîte de Pétri; dans une salle de culture, dont l'air a été préalablement stérilisé aux rayons ultraviolets, et le matériel stérilisé par la chaleur, les oviductes sont soigneusement lavés avec une solution stérile de NaCl à 8 ‰ et déposés dans une boîte de Pétri, sur une gaze imbibée de solution de Tyrode. Après incision de la paroi des oviductes, les œufs sont recueillis dans une curette de Volkmann et placés soit sur une gaze stérile imprégnée de solution de Tyrode, soit dans des godets à micrographie contenant quelques gouttes de solution de Tyrode. C'est à ce moment qu'a lieu la décapitation; l'opération n'a pu être jusqu'ici réalisée que chez des embryons mesurant de 4 à 6 mm de longueur (distance courbure cervicale-courbure caudale); chez les plus jeunes de ces embryons, l'allantoïde est au stade de bourgeon et chez les plus âgés elle forme un petit sac atteignant 2 à 3 mm de longueur selon son grand axe; l'opération n'est plus possible lorsque l'allantoïde s'est davantage allongée et est venue recouvrir la tête de l'embryon.

Dans des conditions d'asepsie aussi complète que possible, l'opération a lieu ainsi : avec l'aide d'une loupe binoculaire, j'effectue d'abord une courte incision, de 2 à 3 mm de longueur, dans les enveloppes de l'œuf, au-dessus de la tête de l'embryon (*fig.* 1), un peu en arrière de la ligne des yeux, au moyen de fins ciseaux pour microchirurgie ([6]); l'incision intéresse les membranes primaire et secondaire (fibrillaire) de l'œuf, et le chorion; à ce stade, la tête de l'embryon est enfoncée dans le vitellus, engagée dans un passage formé antérieurement ([7]) et comme elle est inclinée sur le côté gauche, son côté droit est recouvert par l'aire vasculaire; il faut donc inciser légèrement celle-ci et l'amnios pour libérer la tête. Ceci fait, une fine curette ([8]) est introduite dans l'incision, glissée sous la tête de l'embryon et au moyen de fins ciseaux ([6]) la tête est détachée du corps (*fig.* 2) ([9]). Le plan de section passe juste au-dessus du bourgeon

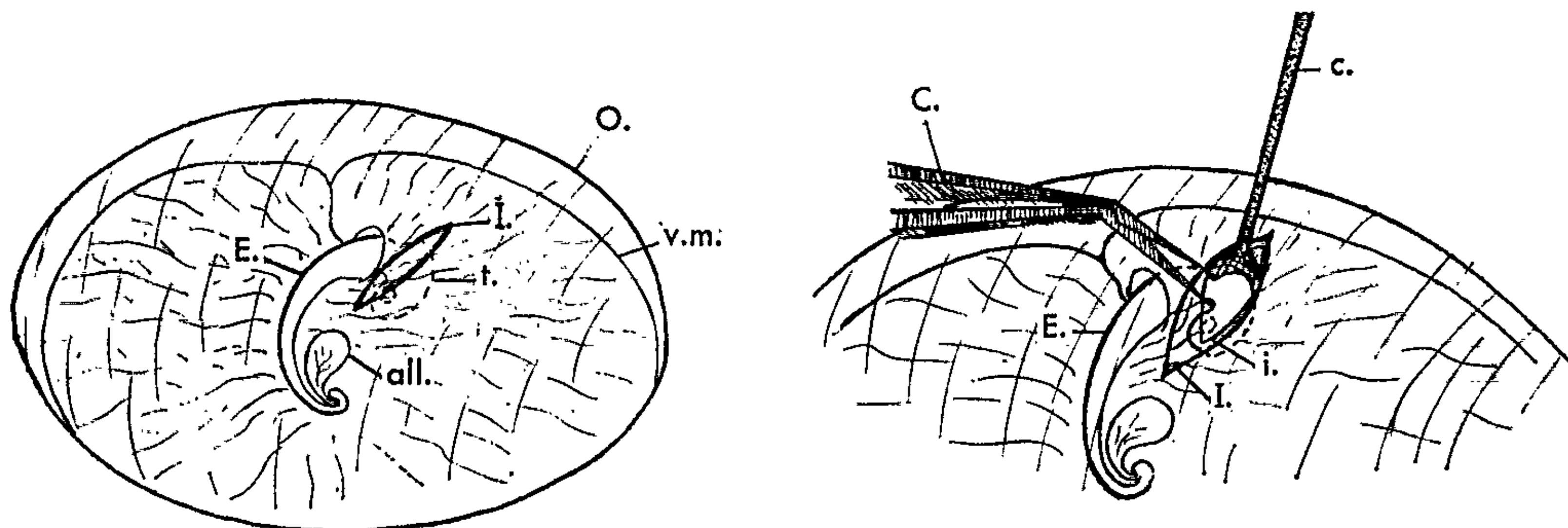


Fig. 1. Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — Représentation schématique de la méthode de décapitation chirurgicale du jeune embryon d'Orvet; 1, ouverture des membranes de l'œuf au-dessus de l'embryon (la membrane fibrillaire, intimement appliquée à la surface de l'œuf, est représentée sur le dessin par des traits fins); 2, décapitation. *all.*, allantoïde; *C.*, ciseaux de Barraquer-Wolff; *c.*, curette; *E.*, embryon; *I.*, incision des membranes de l'œuf et du chorion; *i.*, incision dans la partie de l'aire vasculaire recouvrant la tête de l'embryon et dans l'amnios; *O.*, œuf; *t.*, tête de l'embryon; *v. m.*, veine marginale limitant l'aire vasculaire (dont les fins vaisseaux sont représentés de part et d'autre de l'embryon). (*fig.* 1, G × 5 et *fig.* 2, G × 7.)

du maxillaire inférieur et parfois une partie de ce bourgeon a été enlevée; la tête est recueillie dans la curette et immergée dans un liquide fixateur. Aucune ligature du cou n'est nécessaire à ce stade : si l'opération est bien conduite il n'apparaît qu'une minuscule goutte de sang au niveau de la section; il ne s'écoule pas non plus de vitellus ([10]); l'aire vasculaire pâlit plus ou moins mais en deux à trois jours elle reprend sa coloration rose vif habituelle. Une très légère pression exercée sur l'œuf refoule l'embryon qui revient alors à la position qu'il occupait avant l'opération. Il n'y a pas lieu de refermer l'incision faite dans les membranes de l'œuf et dans le chorion : en deux ou trois jours l'allantoïde croît rapidement et en s'étalant sous le chorion elle vient obturer l'orifice d'incision opératoire.

Les œufs opérés sont placés en culture *in vitro* et ils sont examinés chaque jour dans une salle de culture, afin de surveiller le développement des embryons opérés.

Cette décapitation chirurgicale constitue une opération délicate et traumatisante; néanmoins, un certain nombre d'embryons survivent : actuellement 31 embryons ont été ainsi décapités; 15 sont morts dans les 24 h (la plupart, peu de temps après l'opération); d'autres sont morts plus tardivement (entre 3 et 11 jours après la décapitation). Les autres embryons étaient vivants au moment du sacrifice et ont été sacrifiés aux dates suivantes (en jours après la décapitation) : un à 5 jours; deux à 7 jours; un à 8 jours; deux à 10 jours; un à 12 jours; un à 13 jours; deux à 14 jours et un à 15 jours. C'est sur ce matériel qu'ont été étudiés les effets de la décapitation sur le développement embryonnaire, effets qui sont relatés dans une autre Communication.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) R. M. MILLER, *Anat. Rec.*, 124, 1956, p. 423-424.

(2) G. GRIGNON et M. GRIGNON, *C. R. Soc. Biol.*, 155, 1961, p. 367-370.

(3) A. RAYNAUD et J. RAYNAUD, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2254.

(4) A. RAYNAUD, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2416.

(5) A. RAYNAUD, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 1715 et 1813.

(6) J'utilise pour cela les ciseaux à iris de Pascheff-Wolff, ou les ciseaux à iris de Barraquer-Wolff, des Établissements Moria-Dugast.

(7) La partie céphalique de l'embryon des Reptiles s'incurve très précocement et s'enfonce dans le vitellus en entraînant avec elle le proamnios exempt de mésoderme (*voir* à ce sujet, K. PETER, *in* F. KEIBEL, *Normentafeln zur entwick. d. Wirbeltiere*, fasc. 4, 1904, p. 1-165).

(8) J'utilise pour cela une curette dite « à corps étranger de l'œil ».

(9) Il faut prendre soin de ne pas traumatiser le cœur de l'embryon.

(10) Dans quelques cas une petite hémorragie est survenue et un peu de vitellus a coulé mais ces phénomènes ont été de courte durée et n'ont pas entravé le développement de l'embryon.

(*Institut Pasteur, Service d'Embryologie expérimentale, Sannois, Seine-et-Oise.*)

ACOUSTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *L'influence du mode de présentation des stimuli dans le masquage de la parole par un bruit blanc.* Note de M. **René Lehmann**, transmise par M. Camille Gutton.

Dans une Note précédente (¹), nous avons mis en évidence l'influence d'un bruit blanc sur l'intelligibilité de la parole écoutée sur l'oreille contralatérale et nous avons pensé que cette intelligibilité pouvait également dépendre des modes de présentation respectifs des deux stimuli (parole et bruit de masque). Afin de mettre en évidence cette influence, nous avons étudié, sur cinq opérateurs recevant chacun 100 mots français dissyllabiques, pour plusieurs rapports signal/bruit (S/B), la variation de l'intelligibilité en présence d'un bruit blanc de masque présentant une énergie quasi constante par hertz, dans les deux conditions expérimentales suivantes :

— parole et bruit de masque dans des haut-parleurs (*fig.* 1);

— parole dans des écouteurs et bruit de masque dans des haut-parleurs (*fig.* 2).

Les expérimentateurs étaient placés dans une salle très silencieuse et intérieurement suffisamment absorbante. Ils étaient assis à 2 m du centre acoustique d'un haut-parleur permettant l'émission des stimuli en champ libre et étaient entourés de quatre haut-parleurs dont le point d'intersection des axes acoustiques se trouvait approximativement à l'emplacement de leur tête. Ces haut-parleurs permettaient l'obtention d'un champ acoustique quasi diffus à l'emplacement des expérimentateurs.

La figure 1 met en évidence la variation de l'intelligibilité, en fonction du niveau de la parole, pour trois rapports S/B et pour trois conditions de présentation différente des stimuli. On peut en tirer les conclusions primordiales suivantes :

— l'intelligibilité décroît toujours, pour un rapport S/B donné, lorsque les niveaux croissent;

— pour des rapports $S/B \geqq 0$, les modes de présentation respectifs des deux stimuli sont sans effet apparent sur l'intelligibilité; pour des rapports $S/B < 0$, l'intelligibilité est beaucoup plus dégradée lorsque la parole est émise en champ libre et le bruit de masque en champ quasi diffus que pour les conditions inverses;

— lorsque les deux stimuli proviennent de la même origine (parole et bruit de masque en champ libre par exemple), l'intelligibilité, pour un rapport S/B donné, est beaucoup plus dégradée que lorsqu'ils proviennent de directions différentes (la différence est toujours de l'ordre de 10 %).

La figure 2 montre la variation de l'intelligibilité, en fonction du niveau de la parole, pour trois rapports S/B, dans le cas de l'écoute de la voix à l'aide de deux écouteurs et du bruit blanc de masque en champ libre et en

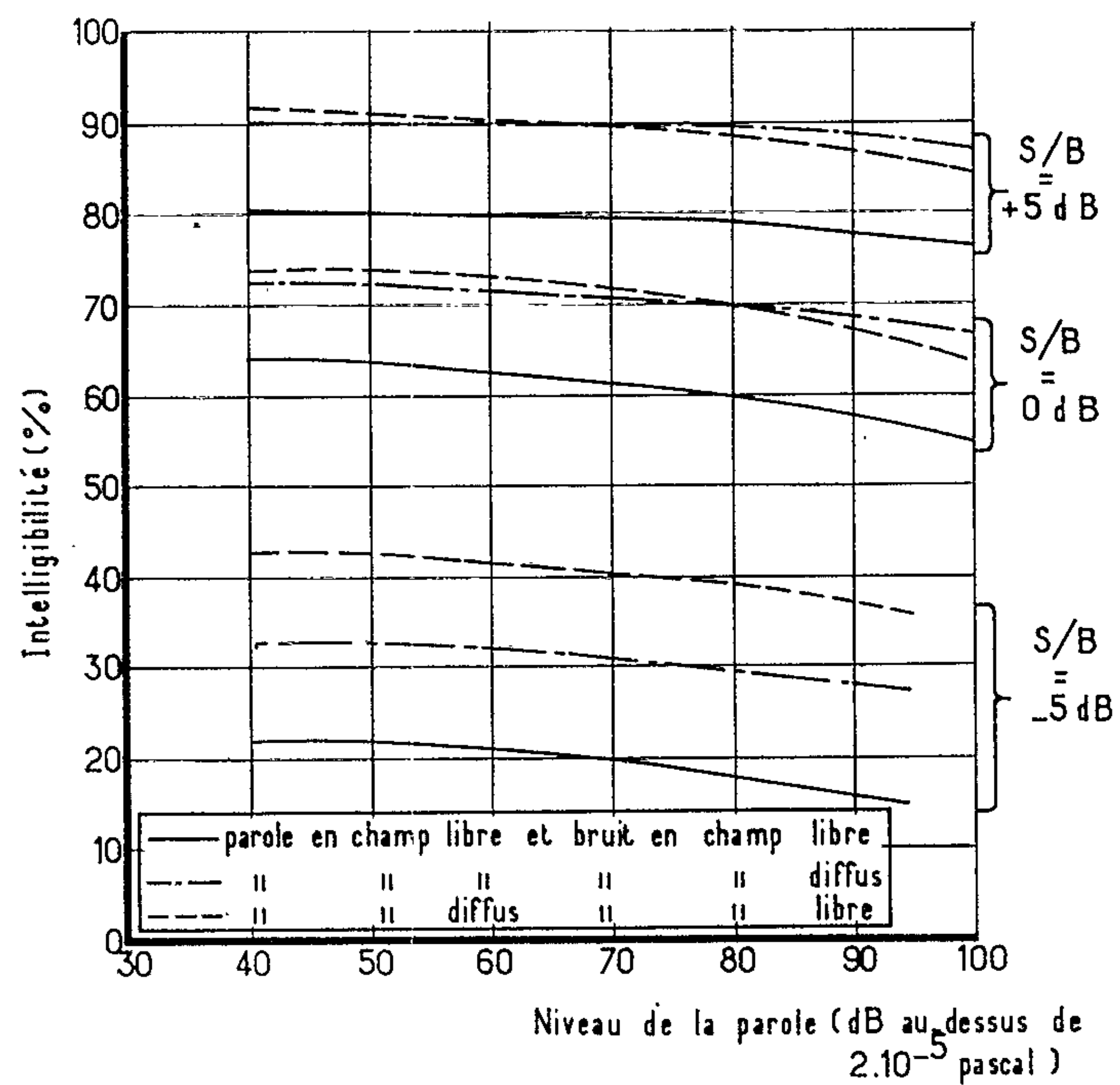


Fig. 1. — Variation de l'intelligibilité en fonction du mode de présentation des stimuli (émission par haut-parleurs).

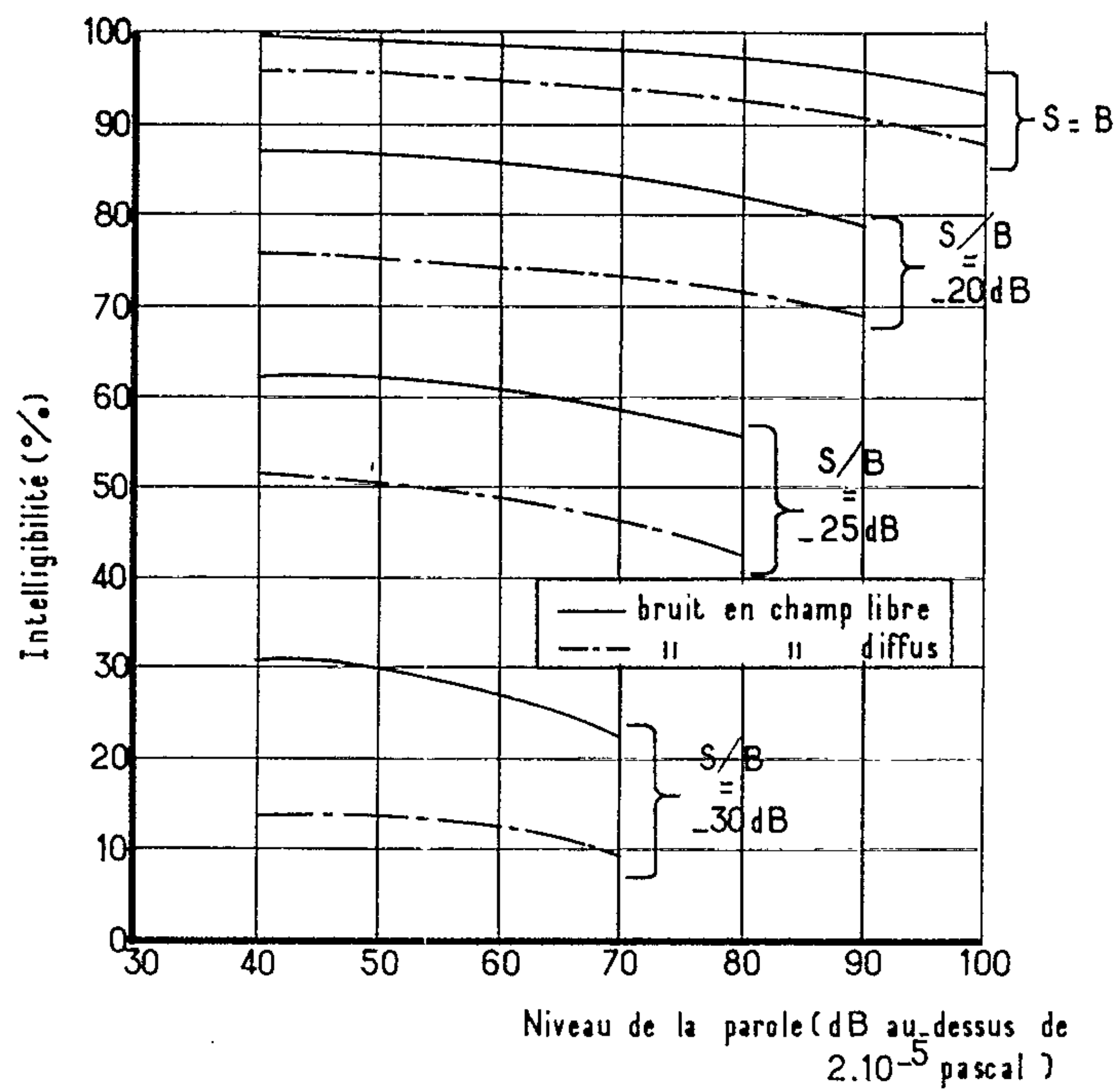


Fig. 2. — Variation de l'intelligibilité dans un bruit blanc de masque lorsque l'écoute de la parole se fait à l'aide de deux écouteurs (indice d'isolement moyen des écouteurs : 13,5 dB).

champ quasi diffus, compte non tenu de l'affaiblissement propre des écouteurs (13,5 dB pour la bande 200-10 000 Hz). On peut en conclure que :

— l'intelligibilité est moins dégradée, dans ce cas, que dans celui de l'écoute de la parole à l'aide d'un haut-parleur, pour des rapports S/B évidemment identiques;

— la baisse de l'intelligibilité est toujours plus marquée, pour un rapport S/B donné, lorsque le bruit de masque est produit en champ quasi diffus que lorsqu'il est produit en champ libre.

Cette expérimentation et ces conclusions permettent de penser :

1° que l'homme présente, du point de vue réception des ondes acoustiques, un certain facteur de directivité (2) dû au fait que dans le cas de sources séparées dans l'espace, le signal et le bruit de masque doivent siéger en deux endroits différents de la tête (phénomènes de localisation spatiale);

2° que la sonie (3) d'un son complexe (bruit blanc ou voix) est plus élevée en champ diffus qu'en champ libre, d'une valeur de 2 à 3 dB, valeur qui a été récemment confirmée par des expériences exécutées à l'aide de sons purs (4);

3° que lorsque l'écoute se fait en présence d'un bruit blanc de masque émis en champ quasi diffus, le phénomène de sonie est prépondérant dans le cas de l'écoute de la parole à l'aide d'écouteurs et le phénomène de directivité de l'auditeur est prépondérant dans le cas de l'écoute de la parole en champ libre.

(1) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3450.

(2) Le facteur de directivité est le rapport du carré de la f.é.m. produite par une onde acoustique parallèle à l'axe principal du transducteur, par la moyenne des carrés des f.é.m. qui seraient produites par des ondes identiques à la précédente, mais parvenant au transducteur simultanément de toutes les directions.

(3) Caractère de la sensation auditive lié à la pression acoustique du son.

(4) D. W. ROBINSON, L. S. WHITTLE et J. M. BOWSHER, *Acustica*, 1961, p. 397.

ENDOCRINOLOGIE. — *Modifications du cycle œstral provoquées chez le Cobaye par la destruction électrolytique bilatérale du noyau hypothalamique latéro-dorsal interstitiel* (*NHLDI*). Note (*) de MM. **Julien Barry** et **Marc Mazzuca**, présentée par M. Robert Courrier.

La destruction élective de l'aire hypothalamique latérodorsale interstitielle, pratiquée chez des cobayes femelles en période de diœstrus, est susceptible d'entraîner une inhibition de l'ovulation ou de la transformation progestative des ovisacs rompus. Cette inhibition s'observe en dehors de toute atteinte de la voie neurosécrétoire hypothalamo-hypophysaire classique, des noyaux de l'hypothalamus médian, du noyau infundibulaire et du système porte hypothalamo-hypophysaire. Elle concorde avec l'hypothèse d'une intervention des cellules du NHLDI dans l'élaboration et la cession du neurotransmetteur hypothalamique contrôlant la fonction LH préhypophysaire.

Les observations rapportées dans cette Note ([1]) ont été faites sur un lot de 40 cobayes femelles adultes. Ces animaux ont été opérés lors de la seconde moitié du diœstrus et soumis à des lésions électrolytiques bilatérales, par passage, durant 15 à 30 s, d'un courant continu de 5 à 10 mA, fourni par une pile de 45 V.

Les lésions ont été pratiquées avec des sondes dentaires lisses ultrafines, préalablement isolées à l'aide d'un vernis spécial, sauf au niveau de leur extrémité inférieure, dégagée secondairement sur une longueur d'environ 1 mm.

Le déplacement des électrodes par micromètre (au 1/100 de millimètre en profondeur et au 1/10 de millimètre dans le plan horizontal) nous a permis de réaliser des lésions très précises, à 1,5 mm de part et d'autre de la ligne médiane, à 0,5, 1, 1,5 et 2 mm en arrière du bregma et à 9, 10 et 11 mm de profondeur à partir de la surface cérébrale.

La mortalité opératoire ou post-opératoire est pratiquement nulle. Les animaux ont été suivis par la technique des frottis vaginaux, durant la période d'ouverture du vagin, puis ont été sacrifiés par décapitation au début du premier diœstrus suivant le placement des lésions électrolytiques. Les cerveaux ont été débités en coupes sériées de 10 μ et colorés par la technique de Gomori à l'hématoxyline chromique-phloxine, les ovaires ont été débités en totalité en coupes sériées de 10 μ et colorés, ainsi que les coupes de vagin, par une technique tétrachrome (hématoxyline-fuchsine acide, ponceau de xylidine-vert lumière).

Nos observations ([2]) peuvent se résumer schématiquement comme suit :

— Chez 16 cobayes (40 % des animaux expérimentés) le diœstrus est prolongé (variant de 14 à 20 jours chez 12 animaux) ou permanent (4 animaux). Dans le premier groupe, chez 4 animaux les frottis sont de type œstrus durant toute la période d'ouverture du vagin, tandis que chez 5 autres animaux, ils sont de type post-œstrus.

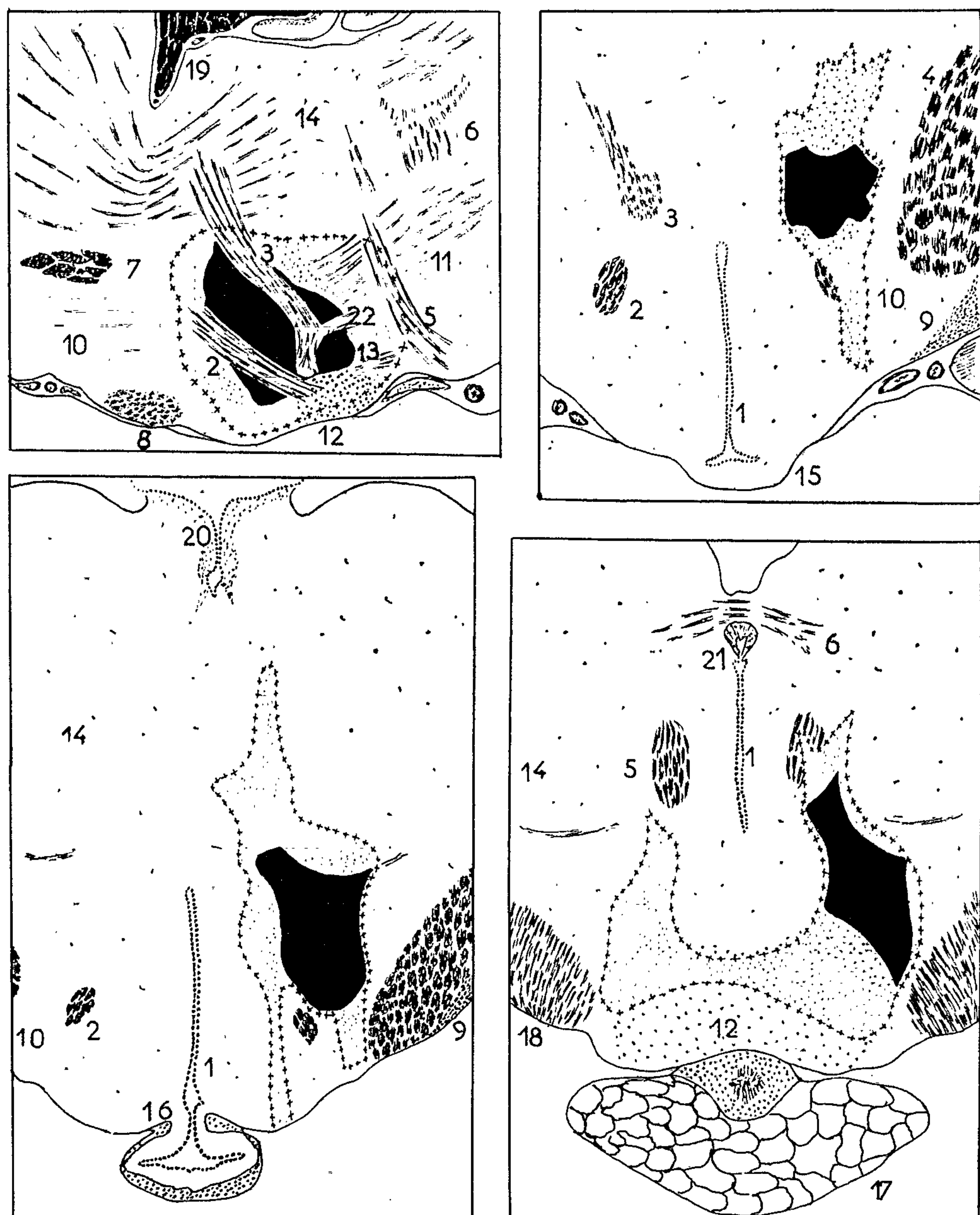


Schéma des zones de destruction électrolytique de l'hypothalamus latéral.

En haut et à gauche : coupe longitudinale, passant à un peu plus de 1 mm du plan médian, supposé en avant du plan de figure.

En haut et à droite, et en bas : coupes transversales passant respectivement légèrement en arrière des NPV, dans la partie moyenne des NHLDI, enfin au niveau des corps mamillaires.

Les croix indiquent le contour de l'aire de destruction maximale; en noir la zone de destruction commune à tous les animaux retenus.

1, 3e ventricule; 2, fornix; 3, faisceau de Vicq d'Azyr; 4, capsule interne; 5, faisceau rétroréflexe de Meynert; 6, commissure blanche postérieure; 7, commissure blanche antérieure; 8, chiasma optique; 9, bandelette optique; 10, faisceau médian du télencéphale; 11, faisceau de Schutz; 12, corps mamillaire; 13, pédoncule du corps mamillaire; 14, thalamus; 15, éminence médiane; 16, tige hypophysaire; 17, hypophyse 18, pédoncule cérébral; 19, fimbria; 20, ganglion de l'habenula; 21, organe sous-commissural; 22, faisceau mamillo-tegmental de Gudden.

— Chez 13 cobayes les coupes sériées d'ovaires montrent l'absence d'ovulation et de corps progestatifs et, dans un cas, l'absence de transformation progestative d'un ovisac rompu; sur ces 14 animaux 2 ont été éliminés car leurs ovaires révélaient une évolution de type polykystique, vraisemblablement antérieure au placement des lésions stéréotaxiques. Sur les 12 cobayes restants, certains, porteurs de lésions non symétriques (avec atteinte de l'hypothalamus médian ou de l'infundibulum d'un côté et de l'hypothalamus latéral de l'autre) ont été éliminés. Par contre, chez 6 animaux, les lésions sont pratiquement limitées à l'aire hypothalamique latérale, certaines intéressant très partiellement (ou d'un seul côté) le fornix, le faisceau de Vicq d'Azyr, le faisceau médian du télencéphale et la région mamillaire, mais toutes laissant intact l'hypothalamus ventromédian, l'infundibulum, la voie neurosécrétoire hypothalamo-hypophysaire (NSO, NPV, tractus supraoptico-hypophysaire) et les vaisseaux du système porte hypophysaire.

— Chez ces 6 animaux, l'aire de destruction commune aux lésions précédentes se limite à peu près exclusivement aux noyaux hypothalamiques latérodorsaux interstitiels, fait qui concorde avec l'hypothèse que nous avions émise précédemment d'une intervention de ces noyaux dans le contrôle de la fonction gonadostimulante B préhypophysaire ([3]).

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) Avec la collaboration technique de Mme G. Rodriguez.

([2]) M. Mazzuca, *Thèse Médecine*, Lille, oct. 1962 (dactylographiée), 90 pages.

([3]) J. Barry et J. Leonardelli, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 747.

(Faculté mixte de Médecine et Pharmacie, Lille.)

BIOLOGIE. — *Comportement des adultes de* Thaumetopœa pityocampa *Schiff*. Note (*) de M. **Guy Demolin**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

L'existence de séquences définies, différentes suivant le sexe, pendant la durée de la vie adulte de *Thaumetopœa pityocampa*, explique les modalités de captures de ces derniers à l'aide d'agents attractifs physiques. Les modalités particulières du comportement de la femelle peuvent expliquer la répartition et la dispersion de l'espèce dans la nature.

Les adultes de *Thaumetopœa pityocampa* ont une vie très courte (ne dépassant pas 48 h dans la nature) au cours de laquelle ils ne prennent aucune alimentation et qui est entièrement occupée par l'accomplissement de la fonction de reproduction.

De nombreux auteurs et notamment Androïc (1957) (1) ont pensé que les femelles étaient incapables de voler. Mais au cours d'une étude détaillée du comportement de ces papillons, nous avons pu montrer qu'il n'en est rien et que leur vie est composée d'une série de séquences bien déterminées, dont la succession est liée au franchissement de stades physiologiques définis et que nous allons énumérer.

C'est au cours de la période de 1 à 2 h précédant la tombée de la nuit que les adultes de *Th. pityocampa* sortent de terre. Ils gagnent à la marche un emplacement surélevé (tiges d'herbe, écorces, etc.) puis s'arrêtent. La forme du support sur lequel l'insecte est aggrippé a une grande importance, car elle semble jouer un rôle quant à la soustraction partielle de l'organisme aux excitations extérieures. Ce phénomène pourrait être rattaché à une inhibition d'ordre tactile.

Les ailes après dépliage et séchage sont rabattues en toit sur l'abdomen.

Au coucher du Soleil, la plupart des insectes, après un temps d'activité musculaire intensive sur place et après avoir rejetté leur méconium, s'envolent. Ce déplacement, qui semble induit par la baisse d'intensité lumineuse, ne porte les papillons qu'à faible distance de leur lieu d'émergence sur un support quelconque (plantes basses, arbres morts, etc.).

Après une période d'inactivité de 1 à 2 h, l'humidité relative étant d'environ 70%, les mâles quittent leur support. Ces déplacements s'effectuent au hasard et les insectes sont sensibles à l'attraction de stimuli externes comme la lumière.

De 1 à 1 h 30 mn après l'envol des mâles, les femelles qui n'ont pas changé de place étendent au maximum leurs segments génitaux qui deviennent saillants au-dessus des ailes, et une plaque du dernier segment abdominal paraissant correspondre à un massif glandulaire sous-cutané, se trouve exposée à l'air libre. C'est à ce moment que les mâles peuvent être attirés par les femelles et se déplacer dans leur direction. Ce phénomène se produit toujours au moment où le maximum d'humidité de la période nocturne est atteint.

Très rapidement l'accouplement a lieu et la copulation dure environ 1 h, puis les deux partenaires s'envolent. Les mâles reprennent une activité non dirigée, les femelles par contre, se portent vers les arbres se découpant en silhouette sombre sur fond clair. Lorsque l'arbre est un pin, c'est sur lui qu'aura lieu la ponte qui dure de 3 à 4 h et, dès qu'elle est terminée, la femelle s'envole.

La reprise d'activité de la femelle après l'accouplement semble liée au remplissage de la poche copulatrice; en effet, si l'on sépare expérimentalement les deux partenaires avant la fin du coït, il y a réaccouplement très peu de temps après, à la même place, soit par le même mâle, soit par un autre. Dans les conditions naturelles, on observe parfois l'accouplement d'une même femelle par deux mâles différents.

L'arrêt de la femelle fécondée, sur un support, est lié aux conditions favorisant l'accrochage parfait de l'insecte. Le support idéal étant apparamment constitué par une tige cylindrique, rayée longitudinalement, d'une circonférence égale à deux fois la longueur des trois articles du tarse des pattes postérieures (soit un diamètre de 1,6 mm environ).

Lorsque le support préférentiel n'est pas trouvé sur le premier arbre rencontré, la femelle reprend son vol en s'orientant suivant les mêmes critères que précédemment.

Les exigences à l'égard du support sont de moins en moins grandes au fur et à mesure que se produit le remplissage de la spermathèque avec le contenu de la poche copulatrice et que « l'impulsion » à l'émission des œufs devient de plus en plus forte. Dans le cas d'une installation précoce de la femelle sur le support idéal, elle se montre insensible à des stimulations externes et reste sous un état d'inhibition induit par voie tactile. Lorsque l'installation a lieu tardivement sur un support éloigné du type idéal, la femelle peut être dérangée, interrompre sa ponte et la réaliser en plusieurs fractions (sur cèdres, pins sylvestres).

L'existence des séquences obligatoires dans le comportement des adultes explique les impossibilités de captures de ces derniers lorsqu'on établit des agents attractifs lumineux ou autres, en dehors de certaines périodes. Le comportement spécifique des femelles pourrait expliquer différentes particularités observées dans la répartition et la dispersion des insectes dans les peuplements forestiers.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) M. ANDROIC, *Ann. pro exper. foresticis*, 13, 1957, p. 351-460.

(*I. N. R. A., Station de Zoologie agricole et de Lutte biologique d'Antibes.*)

RADIOBIOLOGIE. — *Réactivité comparée des composés sulfurés radioprotecteurs avec le diphénylpicrylhydrazyle.* Note (*) de MM. **André Cier**, **Claude Nofre** et **René Écalle**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Les vitesses de réaction de 22 dérivés sulfurés avec le diphénylpicrylhydrazyle ont été comparées. Il existe une corrélation satisfaisante entre la réactivité de ces dérivés vis-à-vis du radical libre organique et leur pouvoir radioprotecteur chez les Mammifères.

L'activité radioprotectrice qu'assurent chez les Mammifères certains thiodérivés [(1), (2)] semble pouvoir être attribuée à des effets antioxygènes, par induction d'une hypoxie au niveau cellulaire, et antiradicalaires par suppression compétitive des radicaux libres radioformés (3). L'inhibition des radicaux libres par le radioprotecteur peut résulter, soit de processus *antioxydants*, par réaction avec des radicaux libres inorganiques (le radical hydroxyle en particulier) issus de la radiolyse du milieu aqueux ou avec des peroxydes organiques, soit de processus *restaurateurs*, par réaction avec des radicaux libres organiques formés par scission homolytique des biomolécules cibles lors d'actions directes ou indirectes des radiations.

Il est vraisemblable que ces différents mécanismes participent conjointement à l'activité radioprotectrice des composés sulfurés, mais il semble que la restauration des biomolécules puisse jouer l'un des rôles essentiels [(3), (4), (5), (6)].

S'il en était ainsi, le pouvoir radioprotecteur devrait être fonction des vitesses de réaction des thiodérivés avec les radicaux libres organiques. C'est la raison qui nous a incités à comparer les réactivités de certains composés sulfurés avec un radical libre organique modèle, le diphényl-2.2 picryl-1 hydrazyle (DPPH), afin de rechercher s'il existait une corrélation entre les réactivités trouvées et les pouvoirs radioprotecteurs déjà établis.

Le mode opératoire adopté est le suivant ; il a été ajouté successivement, dans une cuve de verre (épaisseur : 1 cm) des solutions méthanoliques, anhydres et désoxygénées, de 150 μM de DPPH (1 ml) et de 150 μM de thiodérivé (1 ml), le début de l'addition de la seconde solution étant pris arbitrairement comme temps zéro de l'étude cinétique (décoloration du DPPH par sa transformation en diphénylpicrylhydrazine principalement).

Dans le cas de dérivés peu réactifs (demi-vie du DPPH supérieure à 20 mn), le mélange est effectué, sous atmosphère inerte (azote), dans une fiole fermée par un bouchon rodé, les prélèvements étant effectués à des intervalles de temps déterminés. La décroissance de la densité optique du mélange réactionnel est suivie en fonction du temps, à la température

du Laboratoire, par spectrophotométrie à 512 mμ, par rapport à une solution méthanolique du dérivé sulfuré (75 μM).

Pour chaque dérivé, la demi-vie du DPPH a été établie par interpolation graphique; elle correspond à la densité optique d'une solution méthanolique de DPPH à la concentration de 37,5 μM.

Les résultats, exprimés en secondes, sont portés dans le tableau I; ils représentent pour chaque produit une moyenne arithmétique de dix essais. Pour des vitesses de réaction rapides (inférieures à 20 s), les demi-vies n'ont pu être établies; il n'a pas été jugé utile de poursuivre l'essai au-delà de 24 h pour les composés très peu réactifs. Dans ce tableau sont également consignées, à titre comparatif, les activités radioprotectrices respectives des thiodérivés chez les Mammifères.

TABLEAU I.

Thiodérivé.	Demi-vie du DPPH (s).	Activité radioprotectrice.
Mercapto-2 éthylguanidine (MEG)	< 20	+++
Mercapto-2 éthylamine (MEA)	< 20	+++
Diéthyldithiocarbamate de sodium	< 20	+++
L-cystéine HCl	< 20	++
Mercapto-2 diméthylaminoéthane HCl	< 20	++
Mercapto-2 éthanol	< 20	o
DL-pénicillamine	32	o
Acide mercapto-3 propionique	35	o
DL-homocystéine HCl	38	++
Acide mercaptosuccinique	48	+
Dimercapto-2.3 propanol (BAL)	57	+
Acide mercaptoacétique	58	+
Mercapto-1 amino-5 pentane HCl	71	+
Thiosemicarbazide	264	+
Thiourée	46.10^3	+
Penthiobarbital acide	54.10^3	o
DL-homocystéine thiolactone HCl	70.10^3	++
S-(aminoéthyl)-2 isothiouronium 2 HBr (AET)	$>86.10^3$	+++
DL-méthionine	$>86.10^3$	o
Allylthiourée	$>86.10^3$	o
Thiocyanate de potassium	$>86.10^3$	o

Celles-ci ont été estimées d'après diverses données de la littérature et classées d'après les valeurs relatives suivantes : activités importante (+++), moyenne (++), faible (+) et nulle (o).

L'examen de ce tableau montre qu'il existe une corrélation satisfaisante entre la vitesse de disparition du radical libre organique et le pouvoir radioprotecteur des thiodérivés, ce qui est en faveur d'un mécanisme d'action par restauration des biomolécules.

Quelques exceptions toutefois peuvent être notées. L'AET notamment, qui ne réagit pas avec le DPPH, est considéré comme un des meilleurs radioprotecteurs actuellement connus; mais il est établi que l'AET est

transformé *in vivo* en MEG, responsable en définitive de l'activité radioprotectrice ([1]), et cette dernière molécule est très réactive vis-à-vis du DPPH.

On peut interpréter de même le pouvoir radioprotecteur de l'homocystéine thiolactone, autre exception observée, par une délactonisation *in vivo*. Il est possible enfin que les composés (mercaptoéthanol, pénicillamine et acide mercaptopropionique) qui réagissent rapidement avec le DPPH, mais qui ont une activité radioprotectrice nulle si ce n'est radiosensibilisante, soient métabolisés chez les Mammifères en dérivés inactifs.

A l'appui de cette dernière hypothèse, il doit être souligné que le mercaptoéthanol présente, chez les bactéries (*E. coli*), une activité fortement radioprotectrice, supérieure à celle de la cystéine et comparable à celles de la MEA et la MEG ([7]).

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) D. G. Doherty, in *Radiation Protection and Recovery* (A. Hollaender éd.), 1960, p. 45, Pergamon Press, Oxford.

([2]) L. Eldjarn et A. Pihl, in *Mechanisms in Radiobiology* (M. Errera et A. Forssberg éd.), 2, 1960, p. 231, Academic Press, New-York and London.

([3]) Z. M. Bacq et P. Alexander, in *The initial effects of ionizing radiations on cells* (R. J. C. Harris éd.), 1961, p. 301, Academic Press, New-York and London.

([4]) B. Smaller et E. C. Avery, *Nature*, 183, 1959, p. 539.

([5]) F. Hutchinson, *Radiation Research*, 14, 1961, p. 721.

([6]) M. G. Ormerod et P. Alexander, *Nature*, 193, 1962, p. 290.

([7]) G. E. Stapleton, in *Radiation Protection and Recovery* (A. Hollaender éd.), 1960, p. 87, Pergamon Press, Oxford.

(*Centre de Recherches du Service de Santé des Armées, Division de Chimie et Pharmacologie, 108, boulevard Pinel, Lyon, 3e.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur l'extractibilité des protéines de la farine par l'eau.* Note (*) de MM. **Jacques Baudet** et **Jacques Mossé**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Par épuisement systématique de la farine par l'eau, on arrive à extraire sous forme soluble plus de la moitié des protéines totales. On relate quelques modalités caractéristiques du processus et des fractions successivement extraites.

L'étude de l'extraction de protéines de la farine de blé par l'eau a été effectuée dans le cadre d'un travail sur la physiologie et la biochimie des protéines des graines, dont la première étape est la mise au point d'un protocole d'extraction satisfaisant à deux conditions :

1° être exhaustif afin de pouvoir comparer entre elles et dans leur ensemble chacune des fractions protéiques présentes dans un même lot végétal aussi homogène que possible du point de vue génétique;

2° respecter l'intégrité des molécules protéiques dans toute la mesure du possible, par l'emploi de solvants appropriés, afin de pouvoir en faire une étude analytique systématique, tant chimique que physicochimique et déceler les similitudes et les interdépendances entre les différentes protéines présentes.

Une série de solvants ont été étudiés dont le premier est évidemment l'eau. Les premiers résultats obtenus font l'objet de cette Note.

La farine a été progressivement épuisée par l'eau par une série d'extractions aqueuses en procédant de la manière suivante :

Elle est mise en suspension dans l'eau à raison d'une partie de farine pour 4 d'eau (en poids) et l'ensemble est agité pendant un temps déterminé (10 mn. par exemple), centrifugé pour obtenir un surnageant absolument limpide, et décanté. Un premier extrait aqueux est ainsi recueilli. Le culot de centrifugation est délayé dans de l'eau en quantité suffisante pour réobtenir la masse de la suspension initiale, puis agité pendant le même temps que précédemment, centrifugé et un deuxième extrait aqueux est décanté; et ainsi de suite.

Sur chacun des extraits aqueux on a effectué un certain nombre de mesures : pH, extrait sec à 110°, dosage d'azote par Kjeldahl et dosage des protéines au biuret.

Une partie de chacune de ces extraits aqueux a été dialysée contre de l'eau, une autre partie relarguée par le sulfate d'ammonium presque saturé (40 %) (1), le précipité formé étant lui-même dialysé contre de l'eau.

Les mêmes dosages que ceux indiqués ci-dessus ont été effectués sur ces extraits dialysés et sur les produits de dialyse des précipités au sulfate d'ammonium.

Une manière commode de représenter les résultats consiste à porter en fonction du numéro d'ordre de l'extrait aqueux la quantité dosée ou mesurée.

La figure indique, pour une série de huit extractions aqueuses successives, les taux d'extraction de matière sèche et d'azote pour chacun de ces extraits tels quels [c'est-à-dire avant dialyse ou relargage par $(NH_4)_2SO_4$], ainsi que les mêmes quantités cumulées pour chacun des *n* premiers extraits.

On constate les phénomènes suivants ([2]) :

1° L'extraction des protéines subit une discontinuité : maximum pour le premier extrait, ainsi qu'on peut s'y attendre, le taux de protéines extraites passe par un minimum pour le deuxième extrait, réaugmente ensuite puis

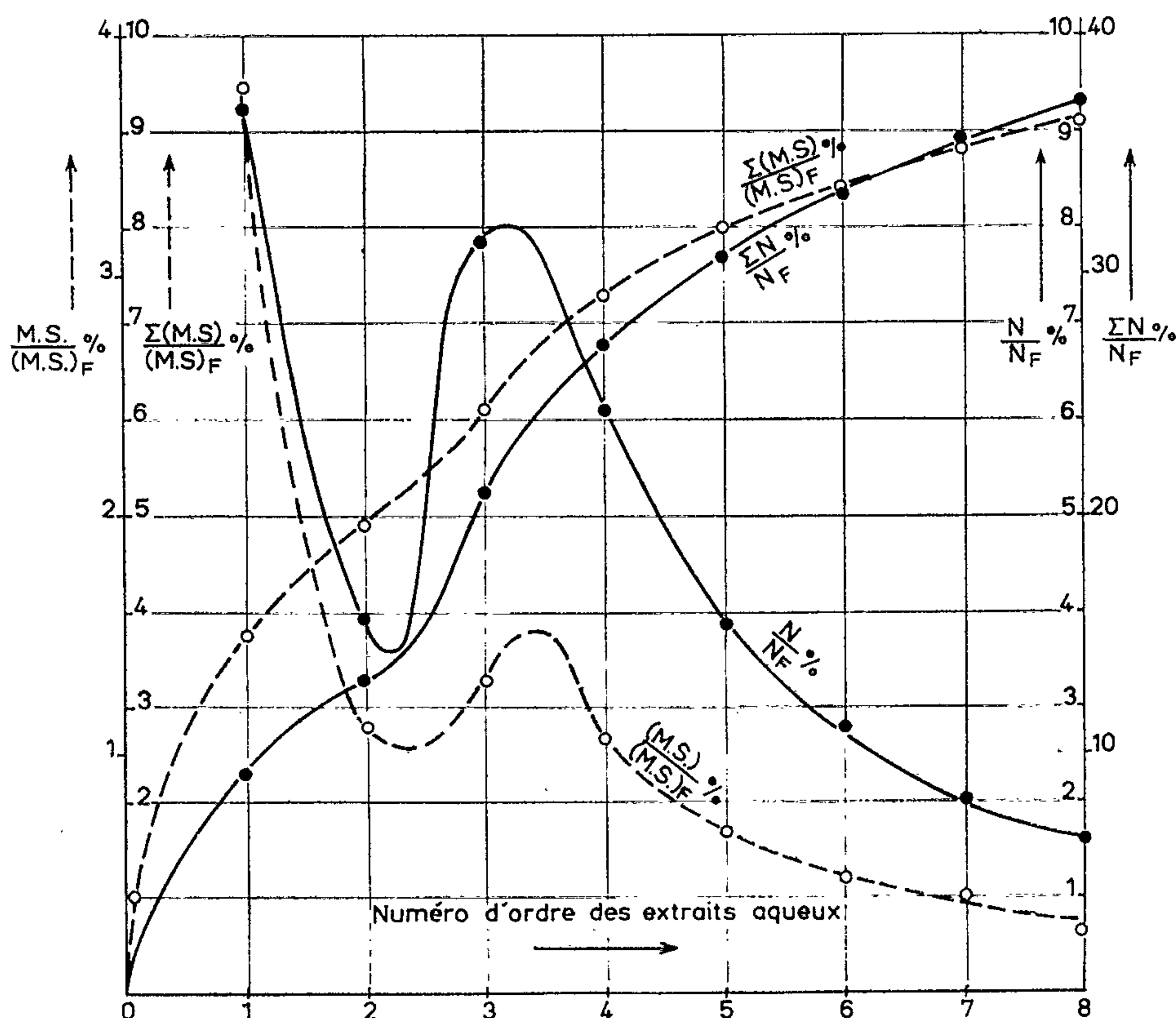


Diagramme sur l'extraction de la farine par l'eau : en abscisses est porté le numéro de l'extrait; en ordonnées : 1, la quantité de matière sèche de chaque extrait exprimée en grammes pour 100 g de farine sèche [M. S./(M. S.)$_F$ %] ainsi que les mêmes quantités cumulées [Σ (M. S.)/(M. S.)$_F$ %]. Ces courbes sont en pointillé. 2, la quantité d'azote de chaque extrait exprimée en grammes pour 100 g d'azote total de la farine (N/N$_F$ %), ainsi que les mêmes quantités cumulées (Σ N/N$_F$ %). Ces courbes sont en trait plein.

décroît régulièrement ([3]). Ceci retentit sur la matière sèche dont l'extraction présente la même allure globale, mais on a montré que seules les protéines sont responsables de cette discontinuité.

2° Dans les conditions où l'on a opéré, la quantité de protéines extraites après huit extractions est de l'ordre du tiers des protéines totales.

3° Toutes ces protéines sont intégralement précipitables par le sulfate d'ammonium : on en retrouve en effet les mêmes quantités par étude des extraits après relargage suivi de dialyse.

4° Le rapport de l'azote dosé aux protéines évaluées par le biuret, qui donne une idée du pourcentage d'azote des protéines successivement extraites, augmente rapidement pour les premières extractions, passant de 15 % d'azote pour le premier extrait à environ 19 % pour le troisième, et reste ensuite constant.

5° Le rapport des masses de protéines extraites aux masses de substances totales extraites (protéiques ou non), de l'ordre de 30 % pour le premier extrait, augmente jusqu'au troisième extrait pour demeurer sensiblement constant et de l'ordre de 50 à 60 %.

En ce qui concerne la quantité totale de protéine extraite par l'eau, on considère généralement dans la littérature relative aux céréales qu'elle est de l'ordre de 10 à 20 % des protéines totales et correspond à l'ensemble des albumines (solubles dans l'eau) et des globulines (solubles dans les solutions salines). Dans le travail que nous relatons, on trouve 37 %. Nous avons montré par ailleurs en procédant à l'inventaire des paramètres intervenant dans l'extraction (dilution de la farine, temps d'agitation, température, etc.) et à l'étude systématique de leur influence, qu'il est possible de dissoudre dans l'eau plus de la moitié (environ 55 %) des protéines totales de la farine, à condition d'opérer avec une dilution plus grande. Il est probable qu'une partie de la fraction qualifiée de gliadine (soluble dans l'alcool à 70° Gay-Lussac) arrive alors à être dissoute dans l'eau, ce qui est en accord avec la remarque faite par certains auteurs (4) suivant laquelle la gliadine serait légèrement soluble dans l'eau.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) Soit 40 g de $SO_4(NH_4)_2$ pour 100 g de solution saline.

(2) J. Baudet et J. Mossé, *Ann. Physiol. Vég.*, I. N. R. A., 4, 1962 (sous presse).

(3) Le phénomène semble absolument général. Mais, suivant les farines, il revêt plus ou moins d'importance : parfois le maximum secondaire se place au-delà du 3e extrait, vers le 4e ou le 5e, ou bien la courbe du taux d'extraction des protéines présente seulement un point d'inflexion.

(4) A. Bourdet, *Ann. Technol.*, I. N. R. A., 5, 1956, p. 181.

(*Station de Physiologie végétale, C. N. R. A., Versailles, Seine-et-Oise.*)

VIROLOGIE. — *Interférence isotypique* in vitro *par le virus de Rous inactivé par les rayons X*. Note (*) de M. **Raymond Latarjet** et Mme **Alice Goldé**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Le virus de Rous inactivé par les rayons X dans des conditions où les effets indirects du rayonnement prédominent, peut inhiber jusqu'à 99 % la production de virus actif par des cultures de cellules infectées. Aucune interférence n'a été obtenue avec le virus inactivé par l'effet direct des rayons X.

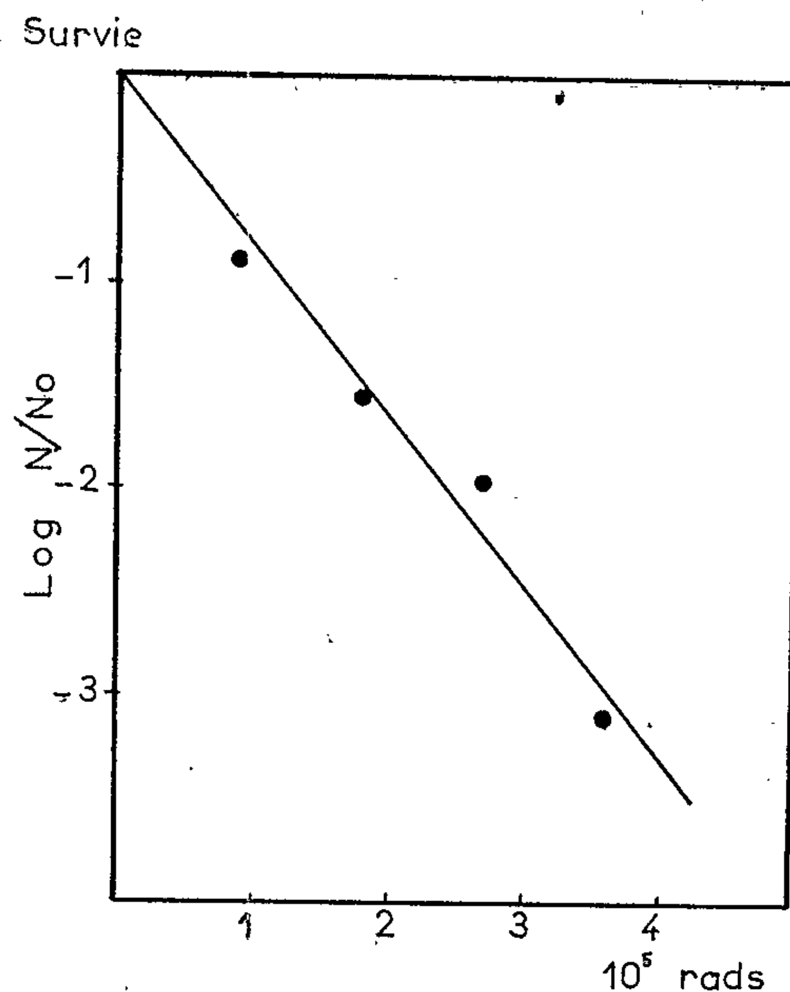
Nous avons montré [1] que le virus de Rous inactivé par les rayons ultraviolets peut interférer avec le virus actif non irradié. Dans notre meilleur cas, la production de particules virales inductrices de tumeurs par les cellules infectées avec les deux virus fut réduite à 2,5 % de celle des cellules témoins infectées avec le virus actif seul. Nous avons recherché si le même phénomène peut être obtenu avec les rayons X.

Les conditions expérimentales de culture et d'essais du virus étaient les mêmes que précédemment [1], telles qu'elles ont été déjà décrites en détail [2]. Seules différaient les irradiations. Le virus était mis en suspension dans du milieu M-199 additionné de sérum. Une couche de 1 mm d'épaisseur de cette suspension était exposée au rayonnement X d'un tube à anticathode de molybdène excité sous 40 kV, filtré sur 0,05 mm d'aluminium, et délivrant 20 kilorads/mn dans la préparation. Celle-ci était irradiée dans des conditions qui favorisaient l'inactivation du virus, tantôt par l'effet direct, tantôt par l'effet indirect du rayonnement. Dans le premier cas, elle contenait 20 % de sérum et était congelée à environ —40°C; dans le second, elle contenait 2 à 5 % de sérum, et était irradiée à la température d'environ 10°C. Les résultats suivants ont été obtenus.

1° *Survie*. — Nous avons déterminé la survie des « unités virales formatrices de pocks » (microtumeurs), en injectant dans des œufs une aliquote de la suspension irradiée, et en comparant, pour chaque dose de rayons X, le nombre de pocks formés à ceux formés par le témoin non irradié. (Comme on ignore encore si la formation des tumeurs est directement liée à la multiplication virale, il se peut que la survie ainsi mesurée ne soit pas la même que celle du « pouvoir infectieux ». Nous n'avons pas considéré cette dernière dans ce travail.)

La courbe d'inactivation est exponentielle (*figure*). Dans nos conditions d'effet indirect dominant, la « dose un coup » (survie : 37 %) a varié d'une expérience à l'autre entre 50 kilorads (figure et expérience n° 1 du tableau) et 100 kilorads (expérience n° 2), selon la composition du milieu de suspension, c'est-à-dire le degré de protection contre les effets indirects. La valeur de cette dose serait notablement plus basse si l'on irradiait le virus en suspension aqueuse diluée, c'est-à-dire dans les conditions d'effet

indirect strict. Mais l'absence de sérum provoque l'agglomération des particules virales. Dans les conditions d'effet direct, la dose 1 coup s'est montrée environ quatre fois plus élevée, variant de 200 à 400 kilorads.



Inactivation du virus de Rous par les rayons X.

2° *Interférence* (tableau). — Les conditions expérimentales d'interférence étaient les mêmes que dans nos expériences précédentes [1].

a. Dans les conditions d'effet indirect dominant, le virus soumis à une dose de 3 à 5 coups létaux, possède un pouvoir d'interférence élevé (expériences nos 1, 2 et 3). La production virale des cellules infectées par les deux virus a été réduite jusqu'à 1 % de celle des cellules infectées par le virus actif seul. Cette inhibition s'est manifestée, que les deux virus fussent inoculés simultanément (colonne I), ou que le virus inactif fut inoculé une heure avant l'autre (colonne II).

Interférence par le virus de Rous irradié.

N° de l'expérience.	État de l'échantillon (*a*).	Type de l'effet dominant.	Dose de rayons X (kilorads).	Survie % (*b*).	Multiplicité d'infection (*c*).	Interférence à 1 jour (*d*). I.	II.
1........	Liquide	Indirect	320	0,2	27 /7	12	2,7
2........	»	»	320	5,4	1,4/1	7	1,3
3........	»	»	300	2	4,2/1	1	15
4........	Congelé	Direct	400	10	8,5/2	100	100
5........	»	»	400	24	13 /4	100	100
6........	»	»	600	5	1,7/1	100	100

I, les deux virus sont inoculés en même temps; II, le virus irradié est inoculé 1 h avant l'autre.
(*a*) Pendant l'irradiation.
(*b*) Survie des unités formatrices de pocks.
(*c*) Rapport v_i/v_a des nombres de particules virales irradiées v_i et non irradiées v_a par cellule infectée.
(*d*) Production virale en pourcentage de la production par le même nombre de cellules témoins infectées avec le virus non irradié seul.

b. Dans les conditions d'effet direct dominant (expériences n°s 4, 5 et 6), aucune interférence ne s'est manifestée. Le rapprochement des expériences n°s 2 et 6 est édifiante à cet égard, puisque les multiplicités d'infection et les survies y sont comparables (ceci n'impliquant pas nécessairement que les survies des pouvoirs infectieux soient aussi les mêmes). Il semble qu'avec les fortes doses de rayons X requises pour l'inactivation par effet direct, le pouvoir d'interférence disparaisse en même temps que le pouvoir cancérigène du virus.

Pour d'éventuels essais d'interférence *in vivo*, avec du virus inactivé par les rayons X, on devrait donc se placer dans des conditions d'effet indirect maximal du rayonnement ([3]).

(*) Séance du 5 novembre 1962.

([1]) A. GOLDÉ, R. LATARJET et P. VIGIER, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 2782.

([2]) A. GOLDÉ et P. VIGIER, *Virology*, 15, 1961, p. 36.

([3]) Travail effectué avec la collaboration technique de M. A. Palaysi, de Mlle J. Crochet et Mme J. Villaudy, et avec l'aide d'une subvention de l'U. S. Public Health Service (Grant C-5 400).

IMMUNOLOGIE. — *α-chymotrypsine et immunité antistaphylococcique.* Note (*) de MM. **Rémy Richou** et **Roger Thévenot**, transmise par M. Gaston Ramon.

Il est bien connu que certaines substances injectées, à l'homme ou à l'animal, soit simultanément, soit en mélange avec un antigène, peuvent agir sur le développement de l'immunité engendrée par cet antigène.

Tout d'abord de nombreuses substances que G. Ramon [1] *a étudiées le premier — nous tenons à le souligner* — et dénommées « substances adjuvantes et stimulantes de l'immunité », lorsqu'elles sont injectées en mélange avec de multiples antigènes (anatoxines, anavaccins, anavirus, etc.) permettent d'obtenir une immunité d'un degré beaucoup plus élevé que les injections d'antigènes seules et ont fait l'objet de nombreuses applications pratiques.

D'autres, telles que les antibiotiques (pénicilline, streptomycine, etc.) n'ont aucune influence sur l'apparition et le développement de l'antitoxine spécifique engendrée par les anatoxines diphtérique, tétanique et staphylococcique [2].

Par contre, on sait que l'injection du mélange anatoxine-antitoxine tétanique à gros excès d'antitoxine ne confère pas l'immunité [3]; que les γ-globulines humaines d'origine placentaire, injectées en mélange avec l'anatoxine staphylococcique, nuisent à la production de l'antitoxine spécifique [4]; que la cortisone, *vraisemblablement en raison de son action anti-inflammatoire*, se montre capable d'inhiber dans une certaine mesure la formation des antitoxines staphylococciques α et β [5].

C'est pourquoi, il nous a paru intéressant d'étudier les répercussions que pourrait avoir sur le développement de l'immunité l'introduction, dans l'organisme d'un sujet en cours d'immunisation, d'un autre type d'agent anti-inflammatoire : les enzymes protéolytiques [6].

Nous avons choisi comme enzyme protéolytique l'α-chymotrypsine et comme antigène l'anatoxine staphylococcique, étant donné les facilités qu'elle procure pour l'expérimentation et la simplicité avec laquelle on peut évaluer le taux d'antitoxine spécifique dans le sérum des sujets immunisés.

Vingt-quatre lapins, dont le sérum ne renfermait aucune trace d'antitoxine staphylococcique d'origine naturelle, ont été répartis en quatre séries de chacune six animaux.

Les animaux des séries I, II et III reçurent, à 4 jours d'intervalle, trois injections sous-cutanées respectivement de 1, 2 et 4 ml d'une anatoxine staphylococcique titrant 8 unités antigènes au millilitre.

En outre, au cours de l'immunisation, les animaux des séries II et III reçurent chacun 12 injections intrapéritonéales d'α-chymotrypsine (titrant

1 250 unités Armour au milligramme) : 1 mg/kg pour la série II, 5 mg/kg pour la série III.

Les animaux de la série IV reçurent trois injections sous-cutanées de 1, 2 et 4 ml d'anatoxine staphylococcique additionnée extemporanément d'une quantité d'α-chymotrypsine telle que, lors de chaque injection d'anatoxine, les animaux reçurent 25 mg/kg d'α-chymotrypsine.

Le tableau I rend compte du comportement des animaux.

TABLEAU I.

Séries.	Poids moyen des animaux (kg). Avant toute injection.	7 jours après la dernière injection.	Mortalité au cours de l'immunisation.	Réaction locale.
I	2,534	2,470	1 mort	Nulle
II	2,560	2,470	0 »	»
III	2,383	1,890	3 morts	»
IV	2,560	2,545	2 »	Larges escarres

Tous les animaux survivants furent saignés 7 jours après la dernière injection d'anatoxine et l'antitoxine staphylococcique titrée, par la méthode hémolytique, dans les mélanges des sérums de chaque série et dans chaque sérum séparément.

Les résultats de ces titrages sont consignés dans le tableau II.

TABLEAU II.

Série.	N° des lapins.	Titre antitoxique (en unités).
I (Ana seule)	7	+ 0,2 — 0,5
	13	+ 3 — 5
	29	+ 2 — 3
	31	+ 7 — 10
	37	+ 10 — 15
	Mélange	+ 3 — 7
II. Ana sous-cutanée, α-chymotrypsine intrapéritonéale (1 mg/kg)	17	+ 2 — 3
	45	+ 7 — 10
	69	+ 10 — 15
	27	+ 7 — 10
	41	+ 7 — 10
	57	+ 15 — 20
	Mélange	+ 7 — 10
III. Ana sous-cutanée, α-chymotrypsine intrapéritonéale (5 mg/kg)	47	+ 1 — 2
	61	+ 15 — 20
	59	+ 1 — 2
	Mélange	7
IV. Ana + α-chymotrypsine (en mélange)	75	+ 5 — 7
	23	+ 2 — 3
	43	+ 0,2 — 0,5
	34	+ 3 — 5
	Mélange	3

Par voie intrapéritonéale, l'α-chymotrypsine à la dose de 1 mg/kg est parfaitement tolérée, alors que sa toxicité n'est pas négligeable à la dose de 5 mg/kg, puisqu'elle cause la mort de trois animaux sur six et que ceux qui survivent présentent une perte de poids très marquée.

Par voie sous-cutanée, en mélange avec l'anatoxine staphylococcique, l'α-chymotrypsine fait également preuve de toxicité (deux morts sur six) et entraîne, d'autre part, l'apparition de larges escarres au point d'injection.

Du point de vue de l'immunité, contrairement à la cortisone, *douée pourtant comme elle de propriétés anti-inflammatoires*, l'α-chymotrypsine, administrée à douze reprises à l'animal, au cours de l'immunisation, chaque fois à la dose de 1 ou 5 mg/kg, ne semble pas nuire au développement de l'immunité antistaphylococcique, les titres d'antitoxine spécifique obtenus étant à peu près équivalents.

Par contre, l'immunité est plus faible chez les animaux ayant reçu sous la peau le mélange d'anatoxine et d'α-chymotrypsine en raison, soit d'un phénomène local, soit d'une certaine diminution de la valeur antigène de l'anatoxine sous l'influence de l'α-chymotrypsine.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) G. Ramon, *Recueil Méd. Vétér.*, 101, 1925, p. 227; 101, 1925, p. 348.

(2) R. Richou et H. Richou, *Revue d'Immunologie*, 23, 1959, p. 402.

(3) G. Ramon et A. Laffaille, *C. R. Soc. Biol.*, 93, 1925, p. 582.

(4) R. Richou, Mme R. Richou et Cl. Chirol, *Revue d'Immunologie*, 25, 1962, p. 233.

(5) G. Ramon, R. Richou, J.-P. Thiéry et Cl. Gerbeaux, *Revue d'Immunologie*, 16, 1952, p. 139.

(6) 7e *Congrès de l'Union internationale thérapeutique*, Genève, octobre 1961.

IMMUNOLOGIE. — *Étude sur le mécanisme d'action des adjuvants de l'immunité dans la synthèse des anticorps.* Note (*) de MM. **Alain Paraf, Michel Fougereau** et **Jean-Jacques Metzger**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'albumine sérique humaine ne suscite pas l'apparition d'anticorps précipitants chez la Souris adulte. Mélangée à l'adjuvant de Freund, elle induit la synthèse d'anticorps précipitants qui peut être spécifiquement inhibée par une injection préalable de l'albumine sérique seule.

Ramon [1] a montré, pour la première fois, que diverses substances étaient capables d'augmenter considérablement la réponse immunitaire d'un animal stimulé par l'injection d'antigène et, récemment, Dresser [2] a mis en évidence ce qu'il appelle « l'adjuvanticité » d'un antigène.

L'albumine sérique humaine cristallisée de Behringwerke constitue l'antigène. L'adjuvant de Freund est préparé selon le procédé classique [3], puis extemporanément mélangé, à parties égales, à la solution d'antigène.

Les animaux sont des souris consanguines de souches C_{57} Black/6 ou C_3H âgées de trois à cinq mois. Nous ne relaterons ici que les résultats obtenus avec la souche C_{57} Black/6, sensiblement identiques à ceux observés avec la souche C_3H.

Les anticorps sont recherchés dans le sérum des animaux saignés chaque semaine par la technique d'hémagglutination passive décrite par Boyden [4].

1. Injection de l'antigène. — Cinq lots de cinq souris reçoivent une seule inoculation d'une solution d'albumine sérique humaine (SAH) par voie intrapéritonéale, respectivement pour chaque lot : 1, 10, 100, 1000 et 10 000 µg de SAH. L'étude des sérums prélevés à intervalles réguliers pendant les cinq semaines suivant l'injection de SAH n'a jamais permis de déceler la présence d'anticorps hémagglutinants, ce qui démontre l'incapacité de la souris à synthétiser, dans ce laps de temps, lesdits anticorps.

2. Injection de l'antigène + adjuvant de Freund. — Quatre lots de cinq souris reçoivent par voie intradermique une seule inoculation du mélange, respectivement par lot : 1, 10, 100 et 1000 µg de SAH.

Pour chaque lot, à chaque saignée, on a réalisé la moyenne des dilutions limites auxquelles on peut observer une hémagglutination positive. La figure 1 représente les courbes obtenues pour chacun des lots expérimentaux : en ordonnées sont indiquées les titres d'anticorps en logarithmes de l'inverse des dilutions limites pour lesquelles l'hémagglutination est positive, en abscisse les temps mesurés en semaines.

On voit qu'entre les doses de 1 et 100 µg les titres d'anticorps sont d'autant plus élevés que les doses d'antigène sont plus importantes. Par contre, la dose de 1000 µg semble provoquer un « effet bloquant » partiel.

3. Injection d'antigène seul précédant l'inoculation du mélange SAH + Freund. — Deux expériences (*a* et *b*) ont été réalisées avec des doses différentes d'antigène, lors de la première inoculation.

a. Trois lots de 10 souris C_{57} Black/6 reçoivent le traitement suivant :

— *Lot témoin :* Injection intradermique de 100 μg de SAH mélangée à l'adjuvant de Freund.

— *Deuxième lot :* Inoculation intrapéritonéale de 1000 μg de SAH suivie, 5 *jours* plus tard, de l'injection intradermique de 100 μg de SAH mélangée à l'adjuvant de Freund.

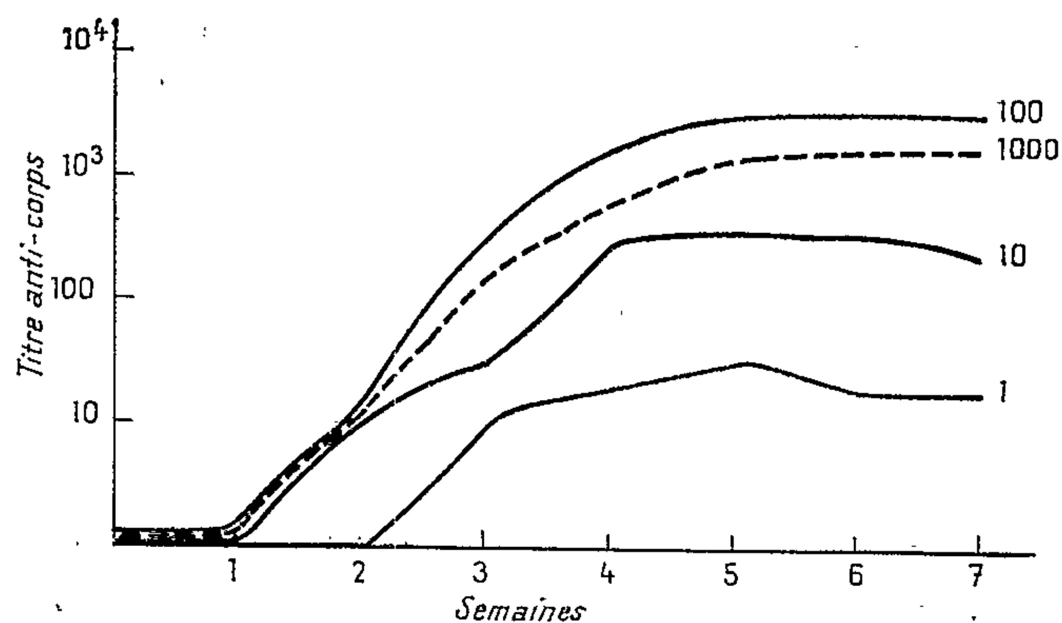


Fig. 1. — SAH + Freund.

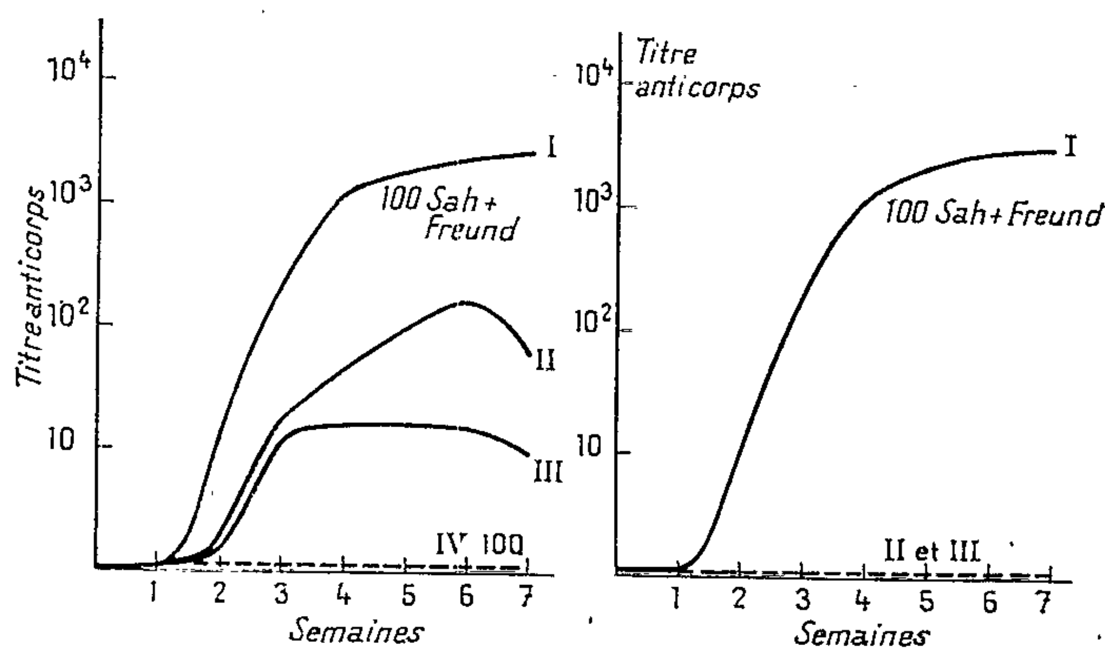


Fig. 2. Fig. 3.

Fig. 2.

Courbe II : 1000 SAH et 5 jours plus tard 100 SAH + Freund.

Courbe III : 1000 SAH et 5 jours plus tard 100 SAH + Freund.

Fig. 3.

Courbe II : 10 000 SAH.

Courbe III : 10 000 SAH, puis 100 SAH + Freund.

— *Troisième lot :* Inoculation intradermique de 1000 μg de SAH suivie, 10 *jours* plus tard, de l'injection intradermique de 100 μg de SAH mélangée à l'adjuvant de Freund.

La figure 2 indique les résultats obtenus : l'inoculation d'antigène seul inhibe la synthèse des anticorps stimulée par l'injection ultérieure du même antigène mélangé à l'adjuvant de Freund. Cette action, plus marquée

lorsque l'intervalle de temps séparant les deux injections est de 10 jours, atteint alors 95 % (titre moyen 1/20 au lieu de 1/5 000 chez les témoins).

b. Trois lots de 10 souris C_{57} Black/6 subissent le traitement suivant :

— *Lot témoin :* Injection intradermique de 100 μg de SAH mélangée à l'adjuvant de Freund.

— *Deuxième lot :* Inoculation intrapéritonéale de 10 000 μg de SAH suivie, 7 *jours* plus tard, de l'injection intradermique de 100 μg de SAH mélangée à l'adjuvant de Freund.

— *Troisième lot :* Inoculation intrapéritonéale de 10 000 μg de SAH.

La figure 3 indique les résultats obtenus : conformément aux précédentes expériences les animaux du lot I synthétisent de fortes quantités d'anticorps tandis que ceux du lot III n'en forment pas. Les souris du lot II ne présentent pas d'anticorps durant les sept semaines qui suivent l'injection de l'albumine mélangée à l'adjuvant.

A la dose de 10 000 μg, la SAH inhibe donc complètement la synthèse des anticorps qui devrait être provoquée par l'inoculation de 100 μg de SAH mélangée de Freund.

Conclusions. — Les expériences rapportées ici montrent qu'une substance peut n'être pas antigénique en ce sens qu'elle ne possède pas « d'adjuvanticité » alors qu'elle possède cependant le motif antigénique spécifique puisqu'elle peut inhiber la synthèse des anticorps correspondants. D'autres expériences que nous avons réalisées chez le Lapin nous permettent de penser qu'on peut interpréter ces résultats de la façon suivante : une substance n'est capable d'induire la synthèse des anticorps que si elle possède deux propriétés :

1° être capable de modifier de façon non spécifique les cellules immunologiquement compétentes;

2° posséder un site antigénique qui induit la synthèse des anticorps.

La SAH chez la Souris possède seulement la deuxième de ces propriétés et l'adjuvant de Freund lui apporte la première.

Cette interprétation laisserait la possibilité d'interpréter le phénomène de tolérance immunitaire comme étant une incapacité du jeune à subir l'action adjuvante de l'antigène.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) G. Ramon, *Ann. Inst. Pasteur*, 40, 1926, p. 1.
(2) D. W. Dresser, *Immunology*, 5, 1962, p. 378.
(3) M. M. Lipton et J. Freund, *J. Immunol.*, 71, 1953, p. 98.
(4) S. V. Boyden, *J. Exp. Med.*, 95, 1951, p. 107.

(*Laboratoire Central de Recherches vétérinaires d'Alfort* et *Institut National de la Recherche agronomique.*)

SÉROLOGIE. — *Nouvelles données sur l'hétérogénéité dimensionnelle et immunologique des protéines sériques de l'Anguille.* Note (*) de Mme **Andrée Drilhon**, MM. **Georges A. Boffa** et **Jean M. Fine**, présentée par M. René Dujarric de la Rivière.

Le dénombrement des protéines du sérum d'Anguille est effectué par une technique bidimensionnelle combinant l'électrophorèse en gel d'amidon et l'analyse immunochimique : 21 constituants sont ainsi trouvés en gel d'amidon, 12 constituants ont une structure antigénique. On peut penser, comme chez l'Homme, que certaines protéines à unique antigénécité sont formées de sous-unités moléculairement différentes.

Comparativement aux mobilités des protéines du sérum humain, le sérum de l'Anguille d'avalaison présente en électrophorèse sur papier (pH 8,6), *cinq zones protéiques :* l'albumine et les globulines α_1, α_2, β_1 et γ_1 (synonymies β_2, intervalle β-γ).

Les globulines γ_2, apparemment inexistantes chez l'animal normal, apparaissent sous l'effet d'un stimulus antigénique [1]. Les lipoprotéines sont réparties en deux fractions α et β, mais à l'opposé du sérum humain, les *α-lipoprotéines* sont quantitativement plus importantes que les *β-lipoprotéines* chez cet animal.

L'analyse immunoélectrophorétique du sérum total, pratiquée avec un immun-sérum antisérum d'Anguille nous avait permis de montrer l'hétérogénéité immunologique de chacune de ces zones à l'exception de l'albumine [2].

Le nombre relativement élevé de constituants du sérum total de cet animal, mis en évidence par électrophorèse en gel d'amidon suggérait que les globulines α_1, α_2 et β pouvaient être scindées en constituants différents selon leurs dimensions moléculaires.

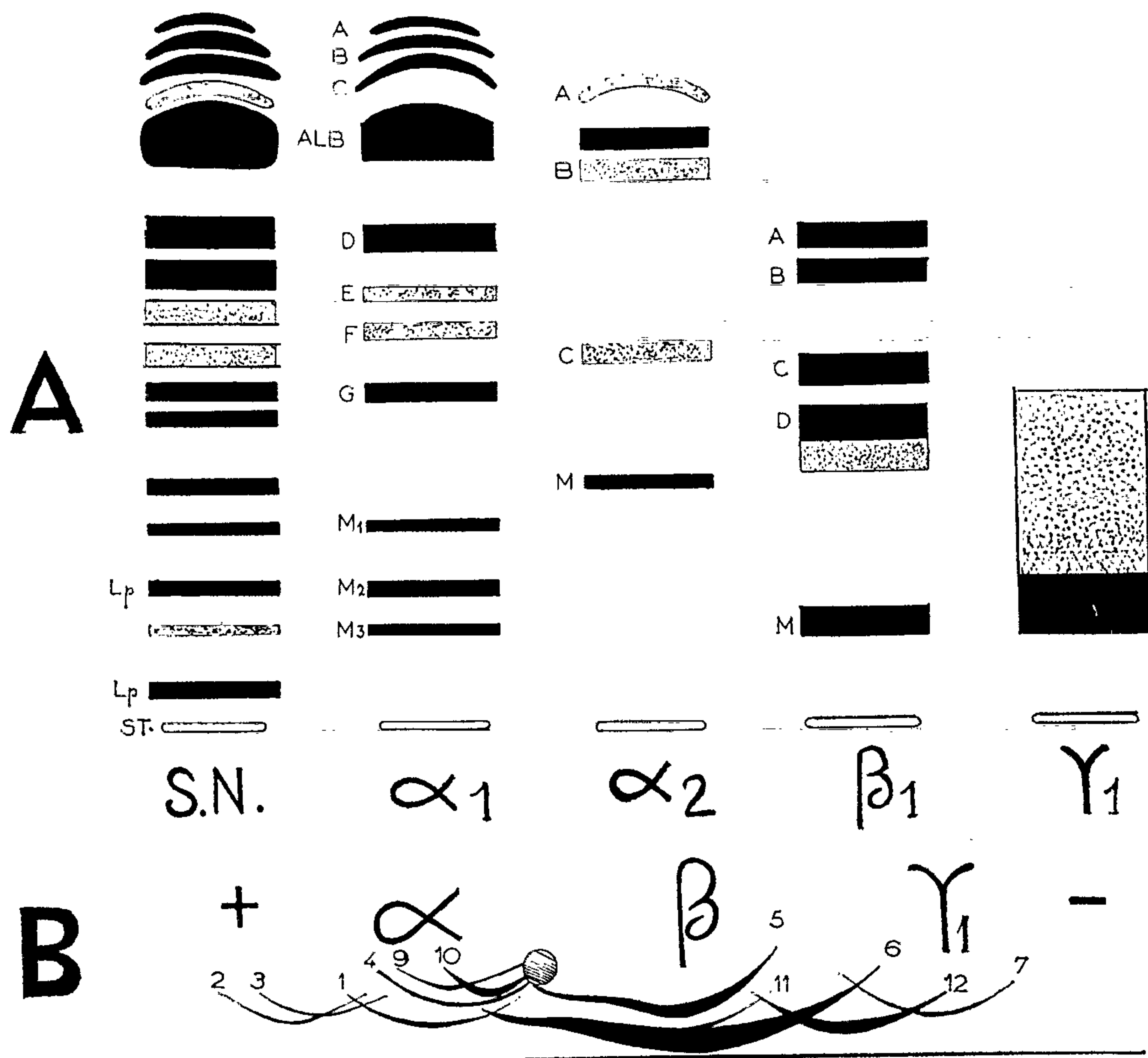
Dans cette Note, nous rapportons les résultats de l'analyse des éluats obtenus par électrophorèse préparative sur papier. Chaque éluat, représentant une mobilité électrophorétique, est analysé par électrophorèse en gel d'amidon et par immunoélectrophorèse. Les modalités de cette technique ont été décrites par ailleurs [3].

Résultats de l'étude bidimensionnelle (*fig.* 1 A). — *Zone α_1-globulinique.* — Celle-ci est hétérogène quant aux dimensions moléculaires de ses constituants. Trois globulines α_1 (A, B et C) ont une position préalbuminique en gel d'amidon, position en faveur d'une structure micromoléculaire. Trois globulines α_1 (M_1, M_2 et M_3) se déplacent lentement en gel d'amidon (position analogue à celle de l'α_2-macroglobuline du sérum humain) comportement en faveur d'une structure macromoléculaire. La fraction M_2 est une lipoprotéine. Entre ces deux extrêmes, quatre constituants de nature α_1 globulinique sont dénombrés (D, E, F et G) dont deux (D et G) sont quantitativement importants.

La zone α_2 comprend quatre constituants dont l'un (α_2A) est une pré-albumine située entre l'α_1C et l'albumine.

Un autre constituant (α_2M) a une faible mobilité. Il se situe en avant de $\alpha_1 M_1$.

Les β_1 *globulines*, très importantes en électrophorèse sur papier, sont hétérogènes (cinq constituants A, B, C, D et M). Le constituant lent est une lipoprotéine de mobilité analogue aux β-lipoprotéines humaines.



A. Électrophorèse en gel d'amidon des éluats obtenus par électrophorèse préparative sur papier. SN, sérum total d'Anguille normale. Les zones α_1, α_2, β_1 et γ_1 sont schématiquement représentées.

B. Analyse immunoélectrophorétique du sérum total de l'Anguille normale. (Immun-sérum de Lapin anti-sérum d'Anguille.)

Les γ-*globulines* apparemment homogènes, occupent une large zone anodique correspondant à la mobilité des γ_1-globulines humaines et en particulier de la γ_1A. On ne retrouve pas dans le sérum de l'anguille normale de globulines de mobilité γ_2.

Structure immunochimique (*fig.* 1 B). — L'immun-sérum de Lapin anti-sérum d'Anguille révèle 11 lignes de précipitations. Les lignes de

précipitation de la zone β sont très importantes et la zone γ_1 se montre hétérogène avec deux constituants.

La faible diffusion des antigènes correspondant aux lignes 5, 9 et 10 suggère une nature macromoléculaire de ces constituants.

Ces expériences montrent que l'hétérogénéité des constituants protéiques du sérum de ce poisson est en fait aussi importante que celle du sérum humain, ce qui semblerait indiquer que le nombre des protéines sériques reflète mal le degré d'évolution phylogénique.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) J. M. FINE et A. DRILHON, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3891.

(2) J. M. FINE et A. DRILHON, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3241.

(3) G. A. BOFFA et J. M. FINE, *Rev. Fr. Études Clin. et Biol.*, 1962 (sous presse).

(*Institut Océanographique et Laboratoire d'Immunochimie du Centre National de Transfusion sanguine.*)

CANCÉROLOGIE. — *Greffe de tumeur* (Épithélioma T8 de Guérin) *avec une suspension de cellules obtenues par action de la trypsine cristallisée. Inhibition de la trypsine par un inhibiteur naturel.* Note (*) de M. **Jean Santucci**, Mme **Léone Dhennin** et M. **Jean Haag**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'action enzymatique de la trypsine cristallisée inhibée au moment adéquat par un inhibiteur naturel, l'ovomucoïde, a permis de préparer, à partir de la tumeur T8 de Guérin, une suspension cellulaire capable d'engendrer de nouvelles tumeurs.

Il est possible d'obtenir des suspensions cellulaires d'organes selon la méthode générale de Dulbecco en inhibant biochimiquement l'action de la trypsine cristallisée par des inhibiteurs naturels au lieu de l'éliminer par lavage (1).

Ces suspensions cellulaires peuvent être, après addition convenable des substances de nutrition et de croissance, directement mises en culture *in vitro*, donner des tapis cellulaires eux-mêmes susceptibles de donner à leur tour des subcultures selon le même processus et servir en particulier à la culture des virus [(1), (2)].

Il avait été suggéré, à l'occasion de sa publication, que cette technique fût essayée pour faire des greffes (1). Ayant disposé d'une tumeur transmissible du Rat, l'*Épithélioma* de Guérin T 8, nous avons, à titre d'essai, fait nous-mêmes une telle expérience, procédé à une dispersion enzymatique de cellules de cette tumeur et, après inhibition de l'enzyme, à l'inoculation de leur suspension qui a montré le bien-fondé de notre attente, ces cellules ayant engendré de nouvelles tumeurs.

Pour faciliter la séparation des cellules de la tumeur T 8 nous avons adjoint à l'action de la trypsine cristallisée celle de l'hyaluronidase, la persistance de l'hyaluronidase après inhibition de la trypsine par l'inhibiteur naturel dans la suspension cellulaire étant compatible avec la conservation de la vitalité des cellules jusqu'au moment de leur inoculation et sans inconvénient pour l'organisme à la dose utilisée.

Technique. — La trypsine cristallisée et l'hyaluronidase (105 U. I./mg) sont dissoutes dans le liquide salin de Hanks à la dose de 0,5 g/l chacune. L'inhibiteur naturel, nous avons utilisé l'ovomucoïde, est dissous à part, également dans le liquide salin de Hanks. L'ovomucoïde inhibe poids pour poids la trypsine cristallisée.

De menus fragments de la tumeur sont déposés dans la solution d'enzymes préalablement chauffée à 37°C dans un bain-marie et soumis à une agitation constante.

Après 15 mn d'action des enzymes à cette température de 37°, la suspension cellulaire obtenue est filtrée sur nylon à mailles fines et inhibée quant à l'action de la trypsine par la solution d'ovomucoïde.

Les inoculations ont eu lieu extemporanément sous anesthésie générale, chaque sujet recevant par la voie intracardiaque 0,5 ml de suspension cellulaire (environ 200 000 cellules par millilitre). Six sujets Wistar, d'un poids moyen de 300 g ont été ainsi inoculés.

Résultats. — Dans les six cas une tumeur intrathoracique a provoqué la mort du 16e au 50e jour après l'inoculation.

L'autopsie n'a pas révélé d'évolution en dehors du thorax.

L'examen microscopique des coupes a montré les caractères de la tumeur de greffe décrite par M. et P. Guérin (3).

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) J. Santucci, J. Haag, J. Choay et M. Thély, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 955.

(2) J. Haag et J. Santucci, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1845.

(3) M. Guérin et P. Guérin, *Bull. Assoc. franç. et Cancér.*, 23, 1934, p. 1.

(*Laboratoire Central de Recherches vétérinaires d'Alfort, Service des Virus.*)

CANCÉROLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Mise en culture,* in vitro, *des cellules de l'épithélioma atypique* T 8 *du Rat blanc.* Note (*) de M. **Jean Jacquet** et Mme **Lottie Steeg**, présentée par M. Gaston Ramon.

L'un de nous a été amené à étudier, en collaboration avec Jacob et Abbatucci, la radiosensibilité [1] de l'épithélioma atypique T 8 de Guérin [2] chez le Rat Wistar. Au cours de recherches ultérieures, a été abordé le comportement de ce cancer sous diverses influences : oxydants et réducteurs, antifolique (améthoptérine), antibiotiques, dont un type nouveau [3]. On est toujours gêné, cependant, par la nécessité de multiplier les lots témoins et surtout, par la durée des expériences qui s'allonge encore, dès qu'on obtient des améliorations, même partielles. Aussi, nous a-t-il paru utile de tenter une culture de tissu selon les techniques actuelles.

Un prélèvement de quelques millimètres de côté à été fait sur une métastase axillaire droite d'un rat à tumeur greffée en position dorsale. Après lavages, la dissociation des cellules est obtenue par la trypsine. Dans des flacons plats de 250 ml, ont été disposés 50 ml respectivement, des quatre liquides nutritifs : milieu de Earle, hydrolysat de caséine, milieu à la lactalbumine, milieu de Parker 199, les uns et les autres additionnés de sérum de veau et d'antibiotiques. Chacun a été ensemencé, enfin, par une suspension de 500 000 cellules. La culture apparaît, au bout de 3 ou 4 jours, comme une fine couche blanchâtre. Elle sera repiquée, ensuite, tous les 4 jours. Une première question se posait à nous : en dehors même des études de morphologie dont l'intérêt est certain, y a-t-il une « dédifférenciation » qui aboutit à la perte de virulence ?

1. Deux rats furent inoculés le 21 juillet 1961, chacun, avec un million de cellules provenant de la culture en milieu de Earle qui venait d'être réalisée. L'un mourut au bout d'un mois et 6 jours, présentant une hypertrophie des ganglions axillaire gauche et médiastinal; l'autre en 4 mois 17 jours, avec un piqueté blanc à la surface des deux poumons, des masses tumorales intra-pulmonaires (une petite et une grande) enfin, un gros ganglion médiastinal. Les coupes histologiques ont établi qu'on avait bien affaire à l'épithélioma. Pour voir si le pouvoir pathogène se maintenait, trois nouveaux rats furent greffés le 7 décembre 1961, l'un avec un fragment du petit nodule cancéreux pulmonaire, l'autre du gros nodule, le troisième du ganglion médiastinal. Ces trois nouveaux sujets succombèrent à leur tour, respectivement en 8 mois 9 jours, 8 mois, 3 mois 17 jours. Tous ont montré d'abondantes taches nodulaires blanchâtres sur les poumons, une hypertrophie des ganglions médiastinaux formant, pour l'un d'eux, une tumeur de 4,6 × 4,5 cm. Les lésions microscopiques confirmaient qu'il s'agissait toujours du même cancer. La continuité de

transmission en deux passages successifs sur le rat a donc été établie à partir de notre culture initiale, *in vitro*.

Le 25 juillet, deux millions de cellules provenant d'un deuxième repiquage en milieu de Earle furent introduites sous la peau de deux rats. L'issue fatale se produisit au bout de 10 mois 26 jours pour l'un, de 6 mois pour le dernier. Seul, le premier présentait des lésions caractéristiques : toujours, cette même cancérisation pulmonaire signalée ci-dessus et une hypertrophie des ganglions axillaire gauche et droit. Deux rats furent inoculés enfin, le 28 juillet 1961, avec 4 millions de cellules provenant d'un troisième repiquage sur hydrolysat de caséine. Un animal mourut au bout de 6 mois et 5 jours, avec des nodules blanchâtres sur les poumons; deux autres ont reçu, par voie sous-cutanée, 4 millions de cellules prélevées après un troisième repiquage en milieu de Earle. L'un d'eux a succombé en 8 mois 19 jours, montrant, encore, les mêmes lésions pulmonaires remarquables.

2. A partir d'un autre rat atteint de la tumeur T 8, nous réalisâmes, en septembre 1961, une deuxième série de cultures en liquide de Earle, qui, cette fois, ont été repiquées tous les 8 jours. Le 3 janvier 1962, nous plaçâmes une suspension de ces cellules de culture sous la peau de 4 rats. Un animal est mort en 5 mois 3 jours, les lésions dominantes siégeant encore au poumon. Le 29 janvier, nous inoculâmes, enfin, provenant d'un culot de centrifugation de quatre flacons de cultures, une quantité très importante de tissu (0,5 à 1 ml) à deux rats. Nous avions laissé vieillir volontairement certains lots et le mélange était formé de cellules de 8 jours, de 15 jours et de 21 jours. Les deux rats sont morts, l'un en 41 jours avec un abcès abdominal, l'autre en 2 mois 2 jours. Celui-ci avait de très nombreux petits nodules pulmonaires, une hypertrophie des ganglions rétrohépatiques et rénaux, une petite masse tumorale mésentérique de 1,35 g et une très grosse masse tumorale abdominale de 30 g.

3. A partir d'un troisième rat cancérisé par greffe, nous refîmes, le 22 janvier 1962, une troisième série de cultures en milieu de Earle. 0,4, 0,5 et 0,6 ml respectivement de suspension de cellules furent injectées, le 6 avril, à trois rats. La mort survint, pour deux, en 2 mois et l'autopsie a montré la présence d'un piqueté blanchâtre pulmonaire et d'hypertrophies ganglionnaires à l'entrée de la poitrine ou contre le diaphragme.

A part la réussite signalée plus haut d'un deuxième passage de rat à rat, les autres tentatives que nous avons faites n'ont pas encore abouti, aussi bien pour les deuxième que troisième séries de cultures de tissu.

La première conclusion qu'on peut tirer, c'est la remarquable dominance, après introduction de cellules de culture, des lésions viscérales pulmonaires, aspect nouveau de ce néoplasme considéré comme essentiellement lymphotrope. La deuxième notion est la perte relative de virulence qui contraste avec la réussite à 90 % de la greffe habituelle, mais qui se trouve encore au-dessus des résultats initiaux enregistrés par Guérin

lors de ses essais de passage de l'épithélioma sous la peau (10 % de succès). Une certaine atténuation apparaît, aussi, par l'allongement des délais d'évolution des cancers. Quoi qu'il en soit, nous pensons que cette technique nous permettra d'aborder plus rapidement, en dehors de développements qui lui sont propres comme l'étude cytologique, de nombreux problèmes particuliers et peut-être de résoudre facilement les questions de tri préalable des substances antitumorales dont certaines peuvent être obtenues par fermentation, voie de recherche insuffisamment connue, à notre avis, en France et à laquelle nous commençons à apporter notre contribution personnelle (3).

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) J. JACQUET, P. JACOB et S. ABBATUCCI, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 584; *C. R. Soc. Biol.*, 155, 1961, p. 1248-1251; *Bull. Cancer*, 48, 1961, p. 412-420; *Ann. Radiol.*, 5, 1962, p. 379-394.

(2) P. et M. GUÉRIN, *Bull. Cancer*, 23, 1934, p. 632-647.

(3) J. JACQUET, 9e *Journées de Pathologie comparée*, Caen, 1962 (*Path. Gen.*, 62, 1962) (sous presse).

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Réduction de la fréquence du syndrome secondaire compliquant la greffe de cellules hématopoïétiques allogéniques, par conservation à 37° des cellules avant l'injection.* Note (*) de MM. **Georges Mathé, Jean Louis Amiel, Léon Schwarzenberg** et **Anne Marie Méry**, présentée par M. Léon Binet.

La conservation pendant 2 h à 37° d'un greffon hématopoïétique réduit la fréquence du syndrome secondaire qu'il induit sans affecter son pouvoir de restauration myéloïde.

La transfusion de cellules hématopoïétiques allogéniques assure la survie immédiate de sujets irradiés *in toto* par la greffe des cellules myéloïdes qu'elle permet, mais les animaux ainsi restaurés succombent souvent à un syndrome secondaire lié à la prolifération des cellules immunologiquement compétentes du greffon ([1]). L'obtention de survies durables suppose donc que soient dissociés, par un traitement du greffon hématopoïétique, le pouvoir de prolifération des cellules myéloïdes et celui des cellules immunologiquement compétentes qu'il renferme. Nous avons étudié à cet égard l'effet de la conservation, à différentes températures, des cellules hématopoïétiques allogéniques avant leur transfusion.

Matériel et méthodes. — Nous avons d'abord recherché, pour deux températures différentes, 18 et 37°, la durée de conservation à la fin de laquelle 50 % des cellules hématopoïétiques, en suspension dans le liquide de Tyrode, sont perméables à l'éosine. Nous avons observé que ce résultat est obtenu après 2 h à 37° et 6 h à 18°. Dans les divers groupes expérimentaux, est injecté le même nombre de cellules imperméables à l'éosine que chez les témoins recevant des cellules non conservées.

Les conditions de l'irradiation totale sont les suivantes : source : 200 kV; 12 mA; distance : 50 cm; filtres : 0,5 Al, 0,5 Cu. Les cellules hématopoïétiques sont injectées 2 h après l'irradiation.

Trois séries d'expériences ont été pratiquées. 1re série : receveurs F 1 (C 57 B 16 × DBA 2) irradié *in toto* à 500 rad, recevant 10^7 cellules médullaires C 57 B 16 non conservées et $2{,}5 . 10^7$ cellules ganglionnaires C 57 B 16, soit non conservées (groupe témoin), soit conservées 6 h à 18° (groupe A), soit conservées 2 h à 37° (groupe B). 2e série : receveurs F 1 (AkR × C 3 H) irradiés *in toto* à 950 rad, recevant $2 . 10^7$ cellules médullaires C 57 B 16, soit non conservées (groupe témoin), soit conservées 6 h à 18° (groupe A), soit conservées 2 h à 37° (groupe B). 3e série : receveurs F 1 (CBA × DBA 2), irradiés *in toto* à 950 rad, recevant 10^6 ou 10^5 cellules médullaires isogéniques, soit non conservées (groupe témoin), soit conservées 6 h à 18° (groupe A) soit conservées 2 h à 37° (groupe B).

Résultats. — Les résultats sont résumés au tableau I.

1° La première série expérimentale montre que la conservation des cellules ganglionnaires semi-allogéniques, pendant 2 h à 37°, diminue

TABLEAU I.

	Effectif.	Mortalité par défaut de restauration myéloïde.	Survivants au-delà du 100e jour après l'irradiation.	Médiane des survies des souris mortes avant le 100e jour.	Moyenne des survies des souris mortes avant le 100e jour.
Première série :					
Groupe A	28	1	0	19 j	29,1 j **S [a] pour P = 0,01**
» témoins	24	5	0	13,5 j	15,0 j I. C. [b] : 12,1 j-17,9 j **S pour P = 0,01**
			S pour P = 0,01 χ^2 = **10,59 pour 1 d. l.** [c]		
» B	25	2	9	25 j	26,0 j
Deuxième série :					
Groupe A	36	11 **N. S.** [d]	1 **N. S.**	35 j	36,3 j **N. S.**
» témoins	29	9	2	35 j	35,4 j I. C. : 26,0 j-44,8 j **N. S.**
		N. S. χ^2 = **0,11 pour 1 d. l.**	**S pour P = 0,01** χ^2 = **10,98 pour 1 d. l.**		
» B	31	11	12	39,5 j	40,7 j I. C. : 33,6 j-47,8 j
Troisième série :					
10^{-6} cellules { Groupe A	11	4	7	–	–
10^{-6} cellules { » témoins	11	5	6	–	–
10^{-6} cellules { » B	11	4	7	–	–
Groupe A	29	7	22		–
» témoins	29	8 **N. S.** χ^2 = **146 pour 1 d. l.**	21	– –	–
» B	28	12	16	–	–

([a]) S, significatif; ([b]) I. C., intervalle de confiance de la moyenne pour $P < 0,05$; ([c]) d. l., degré de liberté; ([d]) N. S., non significatif.

nettement la fréquence des syndromes secondaires aigus, que de tels greffons entraînent chez les témoins. On n'observe pas une telle réaction après conservation pendant 6 h à 18°.

2° Les résultats de la seconde série expérimentale indiquent que la conservation des cellules médullaires allogéniques pendant 2 h à 37° diminue le pouvoir d'induction du syndrome secondaire de tels greffons; cet effet n'est pas obtenu par la conservation pendant 6 h à 18°. Les deux types de conservation ne paraissent pas affecter le pouvoir myélorestaurateur des greffons, jugés sur le pourcentage de mortalité avant le 20e jour.

3° La troisième série expérimentale est consacrée à l'étude de la restauration isogénique par un nombre faible de cellules médullaires, afin de déceler l'éventuelle atteinte, par la conservation, du pouvoir de restauration myéloïde. Dans cette troisième série, la valeur de la restauration myéloïde est jugée sur la mortalité globale avant le 100e jour. Aucune différence statistiquement significative n'est relevée entre les groupes recevant des cellules conservées et ceux recevant des cellules non conservées.

Discussion. — Les résultats observés s'expliquent immédiatement si l'on suppose que les cellules souches des clones de cellules immunologiquement compétentes sont plus fragiles à la conservation à 37° que les cellules souches des clones de cellules myéloïdes.

Avant d'admettre cette interprétation, d'autres possibilités doivent être discutées. *a*. Les cellules myéloïdes pourraient être également affectées, mais cet effet ne serait pas perçu si les cellules myéloïdes injectées excèdent le nombre limite pour assurer une restauration. Cette hypothèse peut être rejetée, puisque les greffons de 10^6 et 10^5 cellules médullaires isogéniques non conservées n'assurent que 67 % de restauration; *b*. Chaque greffon conservé de *n* cellules myéloïdes, réputées viables parce que imperméables à l'éosine, apporte en fait 2 *n* cellules, dont *n* prennent l'éosine, qui pourraient peut-être contribuer cependant à la restauration myéloïde; mais le même raisonnement peut être tenu pour les greffons de cellules immunologiquement compétentes, et ce possible accroissement de cellules viables du greffon n'empêche pas la nette diminution de la fréquence du syndrome secondaire.

La conservation d'un greffon hématopoïétique incompatible pendant 2 h à 37° peut donc être proposée comme traitement préventif du syndrome secondaire, la seule condition étant que ce greffon ait compté, avant la conservation, le double du nombre de cellules nécessaires à la restauration myéloïde dans le système génétique en cause.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) G. MATHÉ et J. L. AMIEL, *La greffe de cellules hématopoïétiques*, p. 159, in *La Greffe. Aspects biologiques et cliniques*, 1 volume, Masson, Paris, 1962.

(*Centre de Recherches Cancérologiques et Radiopathologiques de l'Association Claude-Bernard, Hôpital Saint-Louis, Paris.*)

A 15 h 25 m l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section de Médecine et Chirurgie, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par la mort de M. *Henri Mondor* :

En première ligne..........	M. **Gaston Cordier**.
En deuxième ligne..........	M. **Robert Merle d'Aubigné**.
En troisième ligne, ex-æquo *et par ordre alphabétique*..	MM. **Robert Monod**. **Jean Patel**. **Jacques Varangot**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu à la prochaine séance.

La séance est levée à 16 h 40 m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1962.

Allocution prononcée à la séance d'ouverture des « Journées du phosphore », par GABRIEL BERTRAND; 1 tirage à part 22 cm.

Sur le rôle physiologique du zinc chez les animaux, par GABRIEL BERTRAND. Extrait de *General metabolism and nutrition*, Moscou; 1 feuille 26 cm.

Sur les liquides inflammables ou toxiques utilisés dans les salons de coiffure, par PAUL CAZENEUVE et GABRIEL BERTRAND. Extrait de *La médecine du travail*, n° 5, septembre s. d.; 1 fasc. 24 cm.

Résumé sur les engrais analytiques, par GABRIEL BERTRAND, s. d.; 1 tirage à part 25 cm.

Extraits de *Original communications, eighth international congress of applied chemistry*, vol. XV, p. 35 : *Sur la présence normale du manganèse chez les animaux*, par GABRIEL BERTRAND et F. MEDIGRECEANU. Vol. XV, p. 37; *Emploi du sulfate de l'aluminium comme engrais catalytique*, par GABRIEL BERTRAND et HENRI AGULHON. Vol. XXVI, p. 413 : *Sur la présence normale du bore chez les animaux*, par GABRIEL BERTRAND et HENRI AGULHON; 3 feuilles s. d.; 22,5 cm.

Extraits des *Annales de la science agronomique française et étrangère. Sur la présence simultanée du nickel et du cobalt dans la terre arable*, par GABRIEL BERTRAND et M. MOKRAGNATZ. *Sur le dosage des différentes formes du manganèse contenues dans la terre arable*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la présence générale du nickel et du cobalt dans la terre arable*, par GABRIEL BERTRAND et M. MOKRAGNATZ. *Nouvelles expériences sur l'étouffage des cocons de ver à soie par la chloropicrine. Technique et campagne de* 1925, par GABRIEL BERTRAND. *Sur le dosage du soufre contenu dans la terre arable*, par GABRIEL BERTRAND et L. SILBERSTEIN. 1928, *Sur la présence du sodium chez les plantes*, par GABRIEL BERTRAND et D. J. PERIETZEANU. 1929, *Dosages directs du potassium et du sodium dans les plantes applicables aussi à d'autres substances*, par GABRIEL BERTRAND. Nancy, Imprimerie Berger-Levrault; 7 fasc. 25 cm.

Le xylose ou sucre de bois, par GABRIEL BERTRAND. Paris, Société d'éditions scientifiques, 1894; 1 fasc. 25 cm.

Extraits des *Archives de physiologie normale et pathologique*; n° 2, 1894 : *Recherches sur les causes de l'immunité naturelle des couleuvres contre le venin de la vipère. Toxicité du sang et des glandes venimeuses*, par C. PHISALIX et GABRIEL BERTRAND; n° 3, 1894 : *Propriétés antitoxiques du sang des animaux vaccinés contre le venin de vipère. Contribution à l'étude du mécanisme de la vaccination contre ce venin*, par C. PHISALIX et GABRIEL BERTRAND; n° 1, 1895 : *Sur les effets de l'ablation des glandes venimeuses chez la vipère au point de vue de la sécrétion interne*, par C. PHISALIX et GABRIEL BERTRAND; n° 2, 1895 : *Variation de virulence du venin de vipère*, par C. PHISALIX et GABRIEL BERTRAND; n° 3, 1895 : *Sur l'emploi et le mode d'action du chlorure de*

chaux contre la morsure des serpents venimeux, par C. PHISALIX et GABRIEL BERTRAND; nº 1, 1896 : *La laque et la laccase. Contribution à la connaissance des oxydations diastasiques*, par GABRIEL BERTRAND. Paris, G. Masson; 6 fasc. 24,5 cm.

Extraits des *Comptes rendus des séances de la Société de biologie;* 1895, nº 26, tome II : *La laccase dans les champignons et le bleuissement et le noircissement des champignons*, par GABRIEL BERTRAND et EM. BOURQUELOT; 1933, tome CXII, p. 1140 : *Sur la fécondation croisée non réciproque du crapaud et de la grenouille*, par GABRIEL BERTRAND; 2 tirages à part 25 cm.

Extraits du *Bulletin de la Société chimique de Paris*, nº 75, s. d., *Sur la constitution de la xylite et du xylose*, par GABRIEL BERTRAND; nº 101, s. d., *Détermination spécifique du xylose*, par GABRIEL BERTRAND; nº 140, s. d., *Sur quelques réactions colorées des hydrates de carbone*, par GABRIEL BERTRAND, 3e série, tome 13, 1895 : *Recherches sur la pectase et sur la fermentation pectique* I et II, par GABRIEL BERTRAND et A. MALLÈVRE. *Sur le pouvoir oxydant de la laccase*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la recherche et la présence de la laccase dans les végétaux*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 13, 1896 : *Sur la diffusion de la pectase dans le règne végétal et sur la préparation de cette diastase*, par GABRIEL BERTRAND et A. MALLÈVRE. Tome 15, 1896 : *Observations sur quelques nouveaux dérivés de la série des pentoses : l'acide lixonique et la lixite*, par GABRIEL BERTRAND. *Préparation biochimique du sorbose*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur les rapports qui existent entre la constitution chimique des composés organiques et leur oxydabilité sous l'influence de la laccase*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la séparation de la laccase et de la tyrosinase contenues dans le suc de certains champignons*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 17, 1897 : *Sur l'intervention du manganèse dans les oxydations provoquées par la laccase*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 19, 1897 : *Sur le pouvoir oxydant des sels manganeux et sur la constitution chimique de la laccase*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 19, 1898 : *Action de la fleur du vin sur la sorbite*, par GABRIEL BERTRAND. *Action de la bactérie du sorbose sur les alcools plurivalents*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la préparation biochimique de la dioxyacétone (propanediolone)*, par GABRIEL BERTRAND. *Action de la bactérie du sorbose sur les sucres aldéhydriques*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 21, 1899 : *Sur l'emploi de l'acide silicotungstique comme réactif des alcaloïdes*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 23, 1900 : *Sur la présence de la mannocellulose dans le tissu ligneux des plantes gymnospermes*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur l'oxydation de l'érythrite par la bactérie du sorbose. Production de deux nouveaux sucres : le d-érythrulose et la d-érythrite*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 25, 1901 : *Sur une différenciation biochimique des deux principaux ferments du vinaigre*, par GABRIEL BERTRAND et R. SAZERAC. *Sur les érythrites actives*, par L. MAQUENNE et GABRIEL BERTRAND. *Sur la composition chimique du café de la Grande-Comore*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 27, 1902 : *Sur une ancienne expérience de M. Berthelot, relative à la transformation de la glycérine en sucre par le tissu testiculaire*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur le bleuissement de certains champignons du genre* Boletus, par GABRIEL BERTRAND. *Sur l'existence de l'arsenic dans l'organisme*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la nature de la bufonine*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur l'existence de l'arsenic dans la série animale*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 29, 1903 : *Régulateur de pression pour distillations fractionnées sous pression réduite*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur l'existence de l'arsenic dans l'œuf des oiseaux*, par GABRIEL BERTRAND.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 26 NOVEMBRE 1962.

PRÉSIDENCE DE M. ARNAUD DENJOY.

M. le **Président** signale qu'à titre exceptionnel, la prochaine séance hebdomadaire aura lieu le mercredi 5 décembre au lieu du lundi 3, afin que les Membres de l'Académie qui le désireraient puissent assister, le lundi, à la séance annuelle des prix de l'Académie des sciences morales et politiques.

CORRESPONDANCE.

L'Académie reçoit les lettres de candidature :

— de M. **Étienne Wolff**, à la place vacante, dans la Section de Zoologie, par la mort de M. *Christian Champy*;

— de M. **Alfred Fessard**, à la place vacante, parmi les Académiciens libres, par la mort de M. *Armand de Gramont*.

A la demande des auteurs, le pli cacheté accepté en la séance du 21 mai 1962 et enregistré sous le n° 14.305, est ouvert par M. le Président. Le document qui en est retiré sera soumis à l'examen de la Section de Mécanique.

L'Académie est informée

— du 7e **Annual symposium on fundamental cancer research**, organisé par « The University of Texas, M. D. Anderson Hospital and tumor Institute », à Houston, les 20, 21 et 22 février 1963;

— d'un **Congrès international sur l'état des contraintes dans l'écorce terrestre**, qui aura lieu à Santa Monica, Californie, les 13 et 14 juin 1963.

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

M. **Pierre Pruvost** présente à l'Académie le *Livre à la Mémoire du Professeur Paul Fallot*, dont le premier des deux tomes qu'il comprendra vient de sortir des presses. Il rappelle que l'édition de cet Ouvrage a pu être entreprise grâce en particulier à l'Académie des Sciences. Cette dernière a, en effet, attribué un de ses prix à Mme Paul Fallot, qui, avec son accord, en a versé le montant en tête de la souscription ouverte pour cette publication.

Un Comité de rédaction animé par M. M. Durand-Delga a pu ainsi pieusement réaliser un mémorial, dont la présentation et la teneur sont d'une qualité digne du savant dont il illustre l'œuvre.

L'Ouvrage est consacré à la géologie des domaines méditerranéens et alpins, auxquels Paul Fallot avait voué son enseignement et son activité. Il comprend d'importantes études originales, signées pour ce premier tome par plus de 70 de ses élèves et de ses collègues français et étrangers. En exaltant la mémoire de notre très regretté confrère, tous ont ainsi contribué à maintenir l'essor fécond qu'il avait imprimé à nos connaissances du passé géologique de la Méditerranée. Ainsi, le Maître disparu, l'équipe qu'il a formée, et les collaborations qu'il avait suscitées, demeurent et elles nous en apportent dans ce livre l'impressionnant témoignage.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées ou multicopiées de la Correspondance :

1° Maurice Danloux-Dumesnils. *Étude critique du système métrique.*

2° Collection de mathématiques économiques. Fascicule I. *Monographie des treillis et algèbre de Boole*, par Michel Carvallo.

3° Monographies de physiologie causale. Volume II. *Vasodilatateurs coronariens*, par R. Charlier.

4° *Untersuchungen über die Achromasie moderner Theodolitfernrohre und ihren Einfluss auf die Zielgenauigkeit*, von Karl-Ernst Nigge (Thèse, Bonn).

5° *Cinquantenaire de l'Institut international de chimie fondé par Ernest Solvay*. 1913-1963, Bruxelles.

ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Section de Médecine et Chirurgie en remplacement de M. *Henri Mondor*, décédé.

Le scrutin donne les résultats suivants :

	1er tour	2e tour
Nombre de votants	64	66
	Nombre de suffrages.	
M. Gaston Cordier	26	39
M. Jacques Varangot	18	19
M. Robert Merle d'Aubigné	11	8
M. Robert Monod	9	

M. **Gaston Cordier**, ayant obtenu la majorité absolue des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation du Gouvernement de la République.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS

ALGÈBRE. — *Sur les algèbres symétrique et extérieure d'un module projectif.* Note (*) de M. **Artibano Micali**, présentée par M. René Garnier.

Étude des algèbres symétrique et extérieure d'un module projectif. Cas particulier d'un anneau de Dedekind.

1. Soient A un anneau commutatif à élément unité et M un A-module unitaire. Nous désignons par $S_A(M)$ [resp. $\Lambda_A(M)$] l'algèbre symétrique (resp. l'algèbre extérieure) de M [*cf.* [1]] et par $S_A^q(M)$ [resp. $\Lambda_A^q(M)$] le module des éléments homogènes de degré q de $S_A(M)$ [resp. $\Lambda_A(M)$]. Le lemme suivant est bien connu [*cf.* [1], Appendice IV] :

Lemme 1. — *Les foncteurs* S_A *et* Λ_A *sont covariants et exacts à droite, définis dans la catégorie des* A-*modules unitaires à valeurs dans la catégorie des* A-*algèbres commutatives.*

Théorème 1. — *Soient* A *un anneau commutatif à élément unité et* M *un* A-*module unitaire. Alors,* M *est un* A-*module projectif si et seulement si* $S_A(M)$ [*resp.* $\Lambda_A(M)$] *est projectif en tant que* A-*module.*

En effet, si $S_A(M)$ est un A-module projectif, alors $S_A^q(M)$ est projectif pour tout entier $q \geq 0$ et en particulier $M = S_A^1(M)$ est un A-module projectif. Si M est un A-module projectif, alors il existe un A-module libre L et deux homomorphismes $M \xrightarrow{\varphi} L \xrightarrow{\varphi'} M$ tels que $\varphi' \circ \varphi = 1_M$ et d'après le lemme 1, $S_A(\varphi') \circ S_A(\varphi) = 1_{S_A(M)}$. Ceci nous montre que $S_A(L) = S_A(M) \oplus \operatorname{Ker}(S_A(\varphi'))$ et donc, $S_A(M)$ est un A-module projectif. On a une démonstration analogue pour l'algèbre extérieure.

Corollaire 1. — *Soient* A *intègre et* M *projectif. Alors* $S_A(M)$ *est une algèbre intègre.*

En effet, $S_A(M)$ se plonge dans un anneau de polynomes à coefficients dans l'anneau intègre A.

Corollaire 2. — *Soit* A *un anneau de Dedekind. Pour tout idéal entier* $\mathfrak{a}$ *de l'anneau* A, *on a* $S_A(\mathfrak{a}) = R_A(\mathfrak{a})$, *où* $R_A(\mathfrak{a})$ *est l'anneau de Rees* [*cf.* [3]] *associé à l'idéal* $\mathfrak{a}$.

En effet, pour tout idéal $\mathfrak{a}$ de A on a une suite exacte $S_A(\mathfrak{a}) \to R_A(\mathfrak{a}) \to (0)$ et comme A est intègre, alors

$$\operatorname{Ker}(S_A(\mathfrak{a}) \to R_A(\mathfrak{a})) = \operatorname{Tor}_1^A(K/A, S_A(\mathfrak{a})),$$

où K est le corps de fractions de A [*cf.* [3]]. D'après le corollaire 1 il en résulte que $\operatorname{Tor}_1^A(K/A, S_A(\mathfrak{a})) = (0)$ et donc, $S_A(\mathfrak{a}) = R_A(\mathfrak{a})$.

2. Soient maintenant A un anneau commutatif à élément unité et L un A-module libre. On sait [*cf.* (1)] que $S_A(L)$ est une algèbre de polynomes et donc, un A-module libre. On peut se demander, compte tenu du théorème 1, si la réciproque de ce résultat est vraie. On va montrer au moyen d'un contre-exemple qu'il n'en est pas ainsi. En effet, si A est un anneau de Dedekind et M un A-module de type fini sans torsion, donc projectif, et si l'on suppose que M soit de rang $n+1$ ($n \geqq 0$), alors il existe [*cf.* (2)] un idéal entier $\mathfrak{a} \neq (0)$ de A tel que $M = A^n \oplus \mathfrak{a}$. Puisque $\mathfrak{a}$ est engendré par deux éléments a_1 et a_2, le corollaire 2 nous montre que $S_A(\mathfrak{a}) = A[a_1 X, a_2 X]$ et, d'autre part, $S_A(A^n) = A[X_1, \ldots, X_n]$. Ceci nous montre que $S_A(M) = A[X_1, \ldots, X_n, a_1 X, a_2 X]$ et donc, $S_A(M)$ est un A-module libre. On remarque que sur un anneau de Dedekind, un module projectif qui n'est pas de type fini est libre.

3. Soient A un anneau commutatif à élément unité et M un A-module unitaire. Le lemme suivant est classique :

Lemme 2. — *Soient* A *intègre et* M *de type fini. Pour que* M *soit un* A-*module projectif il faut et il suffit que pour tout idéal maximal* $\mathfrak{m}$ *de* A, *le* $A_{\mathfrak{m}}$-*module* $M_{\mathfrak{m}}$ *soit libre.*

On peut maintenant démontrer le théorème suivant :

Théorème 2. — *Soient* A *intègre et* M *de type fini et supposons que* n *soit le nombre d'éléments d'un système minimal de générateurs de* M *sur* A.

S'il existe un entier $q \geqq 2$ (*resp.* $2 \leqq q \leqq n$) *tel que* $S_A^q(M)$ [*resp.* $\Lambda_A^q(M)$] *soit un* A-*module projectif, alors* M *est aussi projectif.*

On remarque tout d'abord que dans le cas de l'algèbre extérieure le théorème est faux pour $q \geqq n+1$, car à ce moment-là, pour toute suite exacte $A^n \to M \to (0)$ on a $\Lambda_A^q(A^n) = \Lambda_A^q(M) = (0)$. D'après le lemme 2 et la formule de localisation des algèbres universelles, on se ramène au cas où A est local d'idéal maximal $\mathfrak{m}$ et de corps des restes $K = A/\mathfrak{m}$. Soient $x_1, \ldots, x_n$ un système minimal de générateurs de M sur A et L un module libre ayant une base $e_1, \ldots, e_n$ à n éléments. Si $\varphi : L \to M$ est l'épimorphisme défini par $\varphi(e_i) = x_i$ pour tout i et si $R = \operatorname{Ker}(\varphi)$, alors on a la suite exacte $(0) \to R \to L \to M \to (0)$ avec $R \subset \mathfrak{m}L$. Ceci nous montre que $R \otimes_A K = (0)$ et donc, que $L \otimes_A K = M \otimes_A K$.

Cas de l'algèbre symétrique. — Soit $S_A(\varphi) : S_A(L) \to S_A(M)$ le prolongement de φ aux algèbres symétriques et pour chaque degré $m \geqq 0$ on considère l'homomorphisme induit $S_A^m(\varphi) : S_A^m(L) \to S_A^m(M)$. Pour tout entier $m \geqq 0$ on a la suite exacte

$$(0) \to \operatorname{Ker}(S_A^m(\varphi)) \to S_A^m(L) \to S_A^m(M) \to (0).$$

Puisque

$$S_A^m(L) \otimes_A K = S_K^m(L \otimes_A K) \quad \text{et} \quad S_A^m(M) \otimes_A K = S_K^m(M \otimes_A K),$$

alors

$$\operatorname{Ker}(S_A^m(\varphi)) \otimes_A K = (0) \quad \text{pour tout } m \geqq 0.$$

Comme $S_A^q(M)$ est un A-module projectif, alors $\mathrm{Ker}(S_A^q(\varphi)) \otimes_A K = (0)$ entraîne $\mathrm{Ker}(S_A^q(\varphi)) = (0)$. Soit $x = \sum_{i=1}^{n} c_i e_i \in L$ tel que $\varphi(x) = 0$ et fixons $q - 1$ éléments $y_1, \ldots, y_{q-1}$ de L. On voit immédiatement que $S_A^q(\varphi)(xy_1 \ldots y_{q-1}) = \varphi(x)\varphi(y_1)\ldots\varphi(y_{q-1}) = 0$ et donc, $xy_1 \ldots y_{q-1} = 0$ dans $S_A^q(L)$. Si l'on prend $y_1 = \ldots = y_{q-1} = e_1$ on a $0 = \sum_{i=1}^{n} c_i e_i e_1^{q-1}$ et donc, $c_i = 0$ pour tout i. Ceci nous montre que φ est injectif.

Cas de l'algèbre extérieure. — Les notations étant les mêmes à condition de remplacer le symbole S par Λ, on obtient $\mathrm{Ker}(\Lambda_A^q(M)) = (0)$ et donc $xy_1 \ldots y_{q-1} = 0$ dans $\Lambda_A^q(L)$. On prend pour $y_1, \ldots, y_{q-1}$ des éléments e_j tels que $y_1 \ldots y_{q-1} = e_J$ où J est une partie quelconque de $\{1, \ldots, q\}$ à $q - 1$ éléments. On voit alors que

$$0 = xy_1 \ldots y_{q-1} = \sum_{i=1}^{n} c_i (e_i \wedge e_J),$$

où les $e_i \wedge e_J$ sont nuls si $i \in J$ et linéairement indépendants sur A si $i \notin J$. On a ainsi $c_i = 0$ pour tout $i \notin J$ et comme ceci est vrai pour toute partie J à $q - 1$ éléments, il en résulte que $c_i = 0$ pour $i = 1, \ldots, n$. On a ainsi montré que φ est injectif.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) N. BOURBAKI, *Algèbre*, Chap. III, 3e éd., Hermann, Paris.

(2) N. BOURBAKI, *Algèbre commutative* (*Anneaux de Dedekind*) (sous presse).

(3) A. MICALI, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1954.

(*Maison du Brésil, Cité Universitaire, Paris.*)

ALGÈBRE. — *Sur une généralisation d'un résultat antérieur.* Note (*) de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Soit le polynome entier de degré n :

$$f(x) = a_0 x^n + a_1 x^{n-1} + \ldots + a_{n-p-1} x^{p+1} + \ldots + a_{n-1} x + a_n,$$

dont nous représenterons les zéros par $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$.

On sait que si tous ses coefficients sont fixés sauf a_{n-p-1}, $f(x)$ admet, au plus, $p+1$ zéros bornés, en module, par une constante absolue relativement à a_{n-p-1}.

Nous nous proposons de donner la valeur d'une borne supérieure du module de ces $p+1$ zéros privilégiés.

Notons que a_{n-p-1} est, au facteur $(-1)^{n-p-1}$ près, la somme des produits Π_{n-p-1} obtenus en prenant les $n-p-1$ facteurs de chacun d'eux parmi les n nombres $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$ et cela de toutes les façons possibles.

Ceci posé, considérons le déterminant de degré n :

$$D_n(x) = \begin{vmatrix} \lambda_1 - px & x & \ldots & x \\ x & \lambda_2 - px & \ldots & x \\ \ldots\ldots & \ldots\ldots & \ldots & \ldots\ldots \\ x & x & \ldots & \lambda_n - px \end{vmatrix},$$

où p est un entier inférieur à $n-1$ et où $\lambda_1, \ldots, \lambda_n$ sont les zéros de $f(x)$.

Le développement de $D_n(x)$ est un polynome de degré n en x et, ainsi que nous allons le voir, il ne comporte pas de terme en x^{p+1}.

Posant

$$\lambda_i - px = \mu_i \qquad (i = 1, 2, \ldots, n)$$

et

$$F(y) = (y - \mu_1) \ldots (y - \mu_n),$$

on sait que

$$D_n(x) = (-1)^n [F(x) - xF'(x)].$$

Il en résulte

$$\begin{aligned}(-1)^n D_n(x) = {} & [(p+1)x - \lambda_1] \ldots [(p+1)x - \lambda_n] \\ & - x \{ [(p+1)x - \lambda_2][(p+1)x - \lambda_3] \ldots [(p+1)x - \lambda_n] \\ & + [(p+1)x - \lambda_1][(p+1)x - \lambda_3] \ldots [(p+1)x - \lambda_n] \\ & + \ldots + [(p+1)x - \lambda_1][(p+1)x - \lambda_2] \ldots [(p+1)x - \lambda_{n-1}] \}.\end{aligned}$$

Le coefficient du terme en x^{p+1} est la somme de deux expressions :

$$(a) \qquad (-1)^{n-p-1} (p+1)^{p+1} \sum (\Pi_{n-p-1}),$$

où Π_{n-p-1} est un produit de $n-p-1$ facteurs pris parmi les quantités $\lambda_1, \lambda_2, \ldots, \lambda_n$.

$$(b)\quad \begin{cases} -(-1)^{n-p+1}(p+1)^p\sum(\Pi'_{n-p-1},\ 1), \\ -(-1)^{n-p+1}(p+1)^p\sum(\Pi'_{n-p-1},\ 2), \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ -(-1)^{n-p+2}(p+1)^p\sum(\Pi'_{n-p-1},\ n), \end{cases}$$

où $\Pi'_{n-p-1,\mathrm{K}}$ représente un produit de $n-p-1$ facteurs pris parmi les $n-1$ nombres :

$$\lambda_1,\ \lambda_2,\ \dots,\ \lambda_{\mathrm{K}-1},\ \lambda_{\mathrm{K}+1},\ \dots,\ \lambda_n.$$

Or un terme quelconque Π_{n-p-1} de la somme qui figure en (a) se retrouve $p+1$ fois, mais, changé de signe, dans la somme qui figure en (b), donc le développement de $\mathrm{D}_n(x)$ ne contient pas de termes en x^{p+1}.

Comme, d'autre part, $\mathrm{D}_n(x)$ est une fonction symétrique rationnelle des n quantités $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n$, on pourra toujours exprimer $\mathrm{D}_n(x)$ en fonction des coefficients de $f(x)$, *mais*; compte tenu de la remarque précédente, *le coefficient* a_{n-p-1} *de* $f(x)$ *n'y figurera pas.*

En définitive, les zéros de $\mathrm{D}_n(x)$ *ne dépendent pas de* a_{n-p-1}.

D'après un théorème de M. Hadamard, $\mathrm{D}_n(x)$ ne peut être nul que si x satisfait à l'une au moins des inégalités

$$|\lambda_i - px| \leqq (n-1)|x| \qquad (i=1, 2, \dots, n).$$

Si donc μ est le module maximal des zéros de $\mathrm{D}_\mu(x)$, il résulte de ce qui précède, que les $p+1$ zéros privilégiés de $f(x)$ sont majorés, en module, par la quantité

$$(n-1+p)\,\mu$$

qui est une constante absolue relativement à a_{n-p-1}.

Notons que pour $p=0$ on retrouve un résultat antérieur ([1]).

(*) Séance du 12 novembre 1962.
([1]) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1829.

ALGÈBRE. — *Sur les lois polynomes.*

Note (*) de M. **Norbert Roby**, présentée par M. Jean Leray.

On considérera toujours des A-modules unitaires et des A-algèbres associatives, commutatives et unitaires sur un anneau commutatif et unitaire A; ε_E désigne l'application identique d'un ensemble E.

Première partie :

Définition. — *On appelle* loi polynome (l. p.) f *sur un couple* (M, N) *de* A-*modules la donnée, pour toute algèbre* R, *d'une* application f_R : $M \otimes R \to N \otimes R$ *de telle sorte que, pour tout homomorphisme* $u : R \to R'$ *d'algèbres, le diagramme suivant soit commutatif :*

$$\begin{array}{ccc} M \otimes R & \xrightarrow{f_R} & N \otimes R \\ \varepsilon_M \otimes u \downarrow & & \downarrow \varepsilon_N \otimes u \\ M \otimes R' & \xrightarrow{f_{R'}} & N \otimes R' \end{array}$$

Pour tout module M, soit $\mathcal{F}_M$ le foncteur défini sur la catégorie des algèbres, à valeurs dans la catégorie des ensembles, défini par

$$\mathcal{F}_M(R) = M \otimes R \quad \text{et} \quad \mathcal{F}_M(u) = \varepsilon_M \otimes u.$$

Alors, une l. p. sur le couple (M, N) n'est rien d'autre qu'un homomorphisme du foncteur $\mathcal{F}_M$ dans le foncteur $\mathcal{F}_N$.

Les l. p. sur un couple (M, N) forment un *ensemble* $\mathcal{P}$ (M, N), dont on fait un *module* en posant

$$(f+g)_R = f_R + g_R \quad \text{et} \quad (\lambda f)_R = \lambda f_R \quad (\lambda \in A).$$

A tout système $(x_1, \ldots, x_p)$ d'éléments de M est associée une famille et une seule d'éléments $y_{k_1,\ldots,k_p}$ (k_i, entier $\geqq 0$) de N, presque tous nuls et tels que

$$f_R(x_1 \otimes r_1 + \ldots + x_p \otimes r_p) = \sum_{k_1,\ldots,k_p} y_{k_1,\ldots,k_p} \otimes r_1^{k_1} \ldots r_p^{k_p}$$

quels que soient l'algèbre R et les $r_i \in R$. D'où le nom de loi *polynome*.

Soit n un entier $\geqq 0$. Si, pour tout $p \geqq 1$ et toute famille $(x_1, \ldots, x_p)$ la condition $y_{k_1,\ldots,k_p} \neq 0$ entraîne $k_1 + \ldots + k_p = n$, on dit que f est *homogène* de degré n. On note $\mathcal{P}_n$ (M, N) le sous-module de $\mathcal{P}$ (M, N) formé des l. p. homogènes de degré n.

A toute $f \in \mathcal{P}$ (M, N) est associée une suite et une seule $(f_n)_{n \geqq 0}$, avec $f_n \in \mathcal{P}_n$ (M, N), de telle sorte que : pour tout algèbre R et tout $z \in M \otimes R$, les $(f_n)_R(z)$ sont presque tous nuls et l'on a

$$f_R(z) = \sum_{n \geqq 0} (f_n)_R(z).$$

On dit que f_n est la *composante homogène de degré n* de f.

$\mathcal{P}_0$ (M, N) est isomorphe à N. La l. p. (x) correspondant à $x \in N$ est définie par : $(x)_R =$ application constante sur $x \otimes 1$. On dit que (x) est une *loi constante* et on la note aussi x.

$\mathfrak{P}_1$ (M, N) est isomorphe à $\mathcal{L}$ (M, N). La l. p. (α) correspondant à $\alpha \in \mathcal{L}$ (M, N) est définie par : $(\alpha)_R = \alpha \otimes \varepsilon_R$. En particulier, on pose $(\varepsilon_M) = m$ [*loi identique* de M, élément de $\mathfrak{P}$ (M, M)].

Si l'on a trois modules M, N, P et des l. p. $g \in \mathfrak{P}$ (M, N), $f \in \mathfrak{P}$ (N, P), on définit $f \circ g$ [notée aussi $f(g)$] $\in \mathfrak{P}$ (M, P) par $(f \circ g)_R = f_R \circ g_R$.

A tout entier $n \geqq 0$ et à tout $x \in M$ correspond un endomorphisme noté $\partial^{[n]}/\partial x^{[n]}$ de $\mathfrak{P}$ (M, N), défini comme suit : pour $f \in \mathfrak{P}$ (M, N) et $z \in M \otimes R$, $[(\partial^{[n]}/\partial x^{[n]}) f]_R (z)$ est le coefficient de T^n dans $f_{R[T]} (x \otimes T + z)$. Deux opérateurs tels que $\partial^{[n]}/\partial x^{[n]}$ et $\partial^{[p]}/\partial y^{[p]}$ commutent. Il existe une « *formule de Taylor* » :

$$f(m + x) = \sum_{n \geqq 0} \frac{\partial^{[n]}}{\partial x^{[n]}} f,$$

$$\frac{\partial^{[n]}}{\partial x^{[n]}} \frac{\partial^{[p]}}{\partial x^{[p]}} = ((n, p)) \frac{\partial^{[n+p]}}{\partial x^{[n+p]}} \qquad \left[\text{on pose } ((n, p)) = \frac{(n+p)!}{n!\, p!}\right].$$

On interprète la sommation précédente en remarquant que, pour toute algèbre R et pour tout $z \in M \otimes R$, les $[(\partial^{[n]}/\partial x^{[n]}) f]_R (z)$ sont presque tous nuls.

Deuxième partie. — On sait [*cf.* (1)] qu'on appelle *algèbre des puissances divisées* du module M l'algèbre commutative graduée Γ (M) engendrée par des générateurs $x^{[n]}$ ($x \in M$, $n \geqq 0$) satisfaisant aux relations

$$(a)\quad x^{[0]} = 1; \qquad (b)\quad x^{[m]} x^{[n]} = ((m, n)) x^{[m+n]}; \qquad (c)\quad (\lambda x)^{[n]} = \lambda^n x^{[n]} \quad (\lambda \in A);$$

$$(d)\quad (x + y)^{[n]} = \sum_{k=0}^{n} x^{[k]} y^{[n-k]}; \qquad (e)\quad \text{degré de } x^{[n]} = n.$$

Soit Γ_n (M) le sous-module de Γ (M) formé des éléments homogènes de degré n. Le résultat fondamental de la théorie des l. p. est le suivant :

Théorème. — *Pour tout entier* $n \geqq 0$ *il existe un isomorphisme canonique entre les modules* $\mathfrak{P}_n$ (M, N) *et* $\mathcal{L}$ (Γ_n (M), N) *de telle sorte que, si* $f \in \mathfrak{P}_n$ (M, N) *et* $\varphi \in \mathcal{L}$ (Γ_n (M), N) *se correspondent, alors pour toute algèbre* R *et pour* $z \in M \otimes R$, $z = x_1 \otimes r_1 + \ldots + x_p \otimes r_p$, *on a*

$$f_R(z) = \sum_{\substack{k_1 + \ldots + k_p = n \\ k_i \geqq 0}}' \varphi(x_1^{[k_1]} \ldots x_p^{[k_p]}) \otimes r_1^{k_1} \ldots r_p^{k_p}.$$

L'étude des lois polynomes et celle des algèbres de puissances divisées sont donc étroitement liées. Suivant la nature des questions étudiées, il arrive que des résultats établis simplement dans l'une des deux théories se traduisent dans l'autre par des propriétés directement moins accessibles. Ces recherches et les détails concernant cette Note feront l'objet d'une publication ultérieure.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) P. Cartier, *Séminaire Sophus Lie*, Faculté des Sciences de Paris, 1955-1956.

(6, *place de l'Homme-de-Fer, Strasbourg, Bas-Rhin.*)

ANALYSE COMBINATOIRE. — *Relations invariantes dans un ensemble totalement ordonné.* Note (*) de M. **Claude Frasnay**, présentée par M. Henri Villat.

On présente des théorèmes connectant l'Analyse combinatoire et la Théorie des relations. L'un d'eux améliore une proposition de P. Erdös et R. Rado, en manifestant l'influence du cardinal de l'ensemble de base lorsque ce dernier est fini. Un autre théorème est à l'origine d'une proposition sur les relations monotypes ([2]) dans un ensemble infini.

1. Soit $R(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ une relation m-aire dans un ensemble E totalement ordonné.

1.1. Définition. — On dit que R est *invariante* lorsque, pour tout m-uple $(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ de E et toute application strictement croissante f de $\{x_1, x_2, \ldots, x_m\}$ dans E :

$$R(x_1, x_2, \ldots, x_m) \Leftrightarrow R(f(x_1), f(x_2), \ldots, f(x_m)).$$

1.2. Remarque. — Lorsque Card (E) $\geq m$, le nombre des relations m-aires invariantes dans E (pour un ordre total donné) est de la forme $2^{\nu(m)}$ avec $\nu(1) = 1$, $\nu(2) = 3$, $\nu(3) = 13$, $\nu(4) = 75$ et, de façon générale,

$$\nu(m) = \sum_{1 \leq p \leq m} D_m^p \, p^m$$

pour des coefficients

$$D_m^p = \sum_{0 \leq h \leq m-p} (-1)^h \binom{p+h}{h}.$$

2. Notons $\mathfrak{P}_n$ (E) l'ensemble des parties de E qui possèdent n éléments. Lorsque $A \equiv B$ est une relation d'équivalence dans $\mathfrak{P}_n$ (E), on peut (posant $m = 2n$) lui associer la relation m-aire $R(a_1, a_2, \ldots, a_n, b_1, b_2, \ldots, b_n)$ dans E définie comme conjonction de

$$a_1 < a_2 < \ldots < a_n, \qquad b_1 < b_2 < \ldots < b_n \qquad \text{et} \qquad \{a_1, a_2, \ldots, a_n\} \equiv \{b_1, b_2, \ldots, b_n\}.$$

Nous avons obtenu le théorème suivant, qui améliore le théorème III, p. 251 de ([1]) :

2.1. Théorème. — *Lorsque* Card (E) $> 2n$, *les relations d'équivalence* $A \equiv B$ *dans* $\mathfrak{P}_n$ (E) *pour lesquelles* R *est invariante sont les* 2^n *relations* canoniques *relatives aux parties* P *de l'intervalle d'entiers* $[1, n]$. (*La relation d'équivalence canonique relative à* P *est définie par :* $a_i = b_i$ *pour tout* $i \in P$).

a. Soit $X \to X'$ l'application de $\mathfrak{P}_n$ (E) dans $\mathfrak{P}_{n-1}$ (E) définie par $X' = X \setminus \{\operatorname{Max} X\}$. On montre d'abord qu'il y a deux types de relations R :

type R_1 : $X \equiv Y \;\Rightarrow\; \max X = \operatorname{Max} Y$;
type R_2 : $X' \equiv Y' \;\Rightarrow\; X \equiv Y$.

b. Le théorème 2.1 se démontre par récurrence sur n, en utilisant une partie F de E telle que Card (F) $= 2n - 1$ et un élément $a \in E$ majorant

strictement F. Si X, Y vérifient $(X' \cup Y') \subset F$ et $\text{Max}\, X = \text{Max}\, Y = a$, la relation $X \equiv Y \pmod{R}$ définit dans $\mathfrak{P}_{n-1}(F)$ une relation d'équivalence invariante $X' \equiv Y' \pmod{S}$. D'après l'hypothèse de récurrence, S est une relation canonique relative à une partie Q de $[1, n-1]$. On achève en montrant que R est alors la relation canonique relative : soit à $P = Q \cup \{n\}$ (type R_1), soit à $P = Q$ (type R_2).

2.2. Remarque. — Lorsque $2 \leq n < \text{Card}(E) \leq 2n$, il existe dans $\mathfrak{P}_n(E)$ des relations d'équivalence invariantes et non canoniques.

3. En partant d'un théorème combinatoire de F. P. Ramsey [2], on obtient :

3.1. Théorème. — *Si* $R(x_1, x_2, \ldots, x_m)$ *est une relation* m*-aire dans un ensemble infini* E *totalement ordonné, il existe une partie infinie* F *de* E *telle que la restriction de* R *à* F *soit l'une des* $2^{\gamma(m)}$ *relations invariantes. On peut même choisir* F *maximale en ce sens que, pour toute partie* G *de* E *contenant strictement* F, *la restriction de* R *à* G *soit non invariante.*

Les théorèmes 2.1 et 3.1 ont pour application immédiate le théorème I, p. 250 de [1]. Le théorème [3.1] possède une autre application en Théorie des relations :

3.2. Définition. — Une relation R dans un ensemble E (non nécessairement ordonné) est dite *monotype* lorsque, pour tout couple (A, B) de parties finies de E ayant même nombre d'éléments, les restrictions de R à A et B sont isomorphes.

Le théorème suivant est annoncé page 99 de [3] :

3.3. Théorème. — *Si* R *est une relation monotype dans un ensemble infini* E *il existe un ordre total sur* E *pour lequel* R *est invariante.*

a. Soit Ω l'ensemble des ordres totaux sur E, et soit $\mathcal{F}$ l'ensemble des parties finies non vides de E. Si l'on fixe $\alpha_0 \in \Omega$, il existe une partie infinie E_0 de E telle que la restriction de R à E_0 soit invariante pour l'ordre α_0.

Pour $\alpha \in \Omega$ et $F \in \mathcal{F}$, soit Φ_F^α l'ensemble des applications strictement croissantes φ de F dans E_0 (F ordonné par α, E_0 ordonné par α_0) qui sont des isomorphismes pour les restrictions de R à F et $\varphi(F)$. Soit $\mathcal{J}_F$ l'ensemble des $\alpha \in \Omega$ tels que Φ_F^α soit non vide. On montre qu'il existe un ultrafiltre $\mathfrak{U}$ sur Ω tel que $\mathcal{J}_F \in \mathfrak{U}$ pour tout $F \in \mathcal{F}$.

b. Pour $F \in \mathcal{F}$ et tout ordre total w sur F, soit $\mathcal{J}_F(w)$ l'ensemble des $\alpha \in \mathcal{J}_F$ qui induisent w sur F. Comme $\mathcal{J}_F$ est réunion disjointe finie des $\mathcal{J}_F(w)$, il existe sur F un ordre total w_F et un seul tel que $\mathcal{J}_F(w_F) \in \mathfrak{U}$. Les ordres w_F ainsi définis sur les $F \in \mathcal{F}$ sont compatibles entre eux : ils sont induits par un même ordre total sur E (pour lequel on vérifie que R est invariante).

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) P. Erdös et R. Rado, *J. London Math. Soc.*, 25, 1950, p. 249-255.

(2) F. P. Ramsey, *Proc. London Math. Soc.*, 30, 1930, p. 264-286.

(3) R. Fraïssé, *Alger-Math.*, 1, 1954, p. 35-182.

TOPOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur la notion de tramail.*

Note (*) de M. **Labib Haddad**, transmise par M. Arnaud Denjoy.

On représente les topologies, structures uniformes, semi-uniformes et de proximité, sur un ensemble E par les ensembles des entourages de structures semi-uniformes sur l'ensemble des ultrafiltres sur E. Un tel ensemble d'entourages est appelé tramail. Plus généralement, chaque structure syntopogène est représentée par une base de tramail.

Si, dans la définition d'une structure uniforme ([1]), on supprime l'axiome de symétrie (U_{II}) on obtient la définition d'une structure semi-uniforme ([2]). Pour cette dernière structure nous conserverons les définitions des entourages, des systèmes fondamentaux d'entourages, de la topologie déduite, des notions de finesse et de compatibilité ([3]). Soit $\mathfrak{U}$ l'ensemble des entourages d'une structure semi-uniforme $\mathcal{U}$ sur un ensemble E, nous désignerons par $\cap(\mathcal{U})$ ou $\cap(\mathfrak{U})$ l'intersection de tous ces entourages; c'est le graphe d'un préordre sur E. L'ensemble $\overset{-1}{\mathfrak{U}}$ des $\overset{-1}{V}$ où V parcourt $\mathfrak{U}$ est l'ensemble des entourages d'une structure semi-uniforme sur E (structure réciproque de $\mathcal{U}$) que nous désignerons par $\overset{-1}{\mathcal{U}}$.

Lemme. — *Étant donnés un espace compact* K *et une partie* G *fermée de* $K \times K$ *contenant la diagonale et telle que* $\overset{2}{G} = G$, *il existe sur* K *une structure semi-uniforme* $\mathcal{U}$ *et une seule telle que :* 1° *les topologies déduites de* $\mathcal{U}$ *et de* $\overset{-1}{\mathcal{U}}$ *soient moins fines que celle de* K *et* 2° $\cap(\mathcal{U}) = G$. *Les entourages de cette structure sont les voisinages de* G *dans* $K \times K$. *Si* $\overset{-1}{G} = G$ *cette structure est uniforme.*

Ce lemme est une légère généralisation d'un théorème classique ([4]).

Définition ([5]). — On appelle *tramail* sur E tout ensemble $\mathfrak{T}$ de parties de $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$ qui constitue l'ensemble des entourages d'une structure semi-uniforme sur $\Upsilon(E)$.

Tout système fondamental d'entourages de cette structure sera appelé *base* du tramail $\mathfrak{T}$.

Exemple. — La nasse d'une topologie est une base de tramail.

Proximité ([6]). — Étant donnée une relation de proximité sur un ensemble E, considérons la relation « tout ensemble de l'ultrafiltre $\mathfrak{a}$ sur E est proche de tout ensemble de l'ultrafiltre $\mathfrak{b}$ sur E » et soit P le graphe de cette relation par rapport à $(\mathfrak{a}, \mathfrak{b})$. P est une cotte sur E telle que $\overset{2}{P} = P$ et $\overset{-1}{P} = P$. C'est donc une base de tramail sur E. Réciproquement, si P est une cotte sur E telle que $\overset{2}{P} = P$ et $\overset{-1}{P} = P$, la relation

$$B \in \bigcup_{\mathfrak{a} \in P(\Upsilon(A))} \mathfrak{a}$$

est une relation de proximité sur E dont la cotte est précisément P. La topologie déduite de cette proximité a pour nasse n (P).

TRAMAIL D'UNE STRUCTURE SEMI-UNIFORME. — Étant donnée une structure semi-uniforme $\mathcal{U}$ sur un ensemble E, soit $\mathfrak{U}$ l'ensemble de ses entourages. A tout entourage V correspond par l'application $g: (x, y) \to (\tilde{x}, \tilde{y})$ une partie $\tilde{V}$ de $\tilde{E} \times \tilde{E}$. Adh $\tilde{V}$ est donc une résille sur E; l'ensemble de ces résilles, lorsque V parcourt $\mathfrak{U}$, est une base de tramail sur E (le tramail de $\mathcal{U}$). Réciproquement, si $\mathfrak{T}$ est un tramail, sur un ensemble E, admettant une base formée de résilles, sa trace sur $\tilde{E} \times \tilde{E}$ est un ensemble d'entourages qui (par transport à l'aide de g) définit une structure semi-uniforme $\mathcal{U}$ sur E dont le tramail est précisément $\mathfrak{T}$. La topologie déduite de $\mathcal{U}$ a pour nasse $n(\bigcap(\mathfrak{T}))$.

Lorsque $\mathcal{U}$ est une structure uniforme, $\bigcap(\mathfrak{T})$ est symétrique et c'est la cotte de la proximité associée à $\mathcal{U}$. Pour qu'un filtre $\mathfrak{a}$ sur E soit un filtre de Cauchy il faut et il suffit que tout ensemble du tramail $\mathfrak{T}$ soit voisinage de $\Upsilon\langle\mathfrak{a}\rangle \times \Upsilon\langle\mathfrak{a}\rangle$.

Ainsi pour qu'un espace uniforme soit précompact [7] *il faut et il suffit que tout ensemble du tramail de sa structure uniforme soit voisinage de* Δ [diagonale de $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$].

Soit $\mathcal{U}$ une structure uniforme sur un ensemble E et soit $\mathfrak{T}$ son tramail. L'ensemble $\mathfrak{T}^*$ des voisinages de $\bigcap(\mathfrak{T})$ dans $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$ est le tramail d'une structure uniforme $\mathcal{U}^*$ sur E (compatible avec la topologie déduite de $\mathcal{U}$) qui est « la plus fine des structures uniformes moins fines que $\mathcal{U}$ et pour lesquelles E est précompact » [8].

Soit E un espace topologique et soit T sa nasse. L'ensemble des voisinages de T dans $\Upsilon(E) \times \Upsilon(E)$ est le tramail d'une structure semi-uniforme sur E compatible avec sa topologie [9]. Ainsi toute topologie est semi-uniformisable. L'intersection de toutes les cottes A sur E telles que $T \subset A$, $\overset{2}{A} = A$ et $\overset{-1}{A} = A$ est une cotte S sur E; pour que E soit uniformisable il faut et il suffit que $T = n(S)$ ou encore que $T \circ \partial = S \circ \partial$. On retrouve ainsi, simplement, le résultat que tout espace quasi-normal $\left(\overset{-1}{T} \circ T \subset T \circ \overset{-1}{T}\right)$ est uniformisable si et seulement s'il est quasi-régulier. De plus, un espace extrêmement discontinu $\left(T \circ \overset{-1}{T} \subset \overset{-1}{T} \circ T\right)$ est uniformisable si et seulement s'il est quasi-régulier.

TRAMAIL D'UNE STRUCTURE SYNTOPOGÈNE. — Un ordre topogène [10] sur E est un graphe particulier dans $\mathfrak{P}(E) \times \mathfrak{P}(E)$. Soit R un ordre topogène sur E. Le graphe par rapport à $(\mathfrak{a}, \mathfrak{b})$ de la relation « pour tout ensemble A de l'ultrafiltre $\mathfrak{a}$ sur E et tout ensemble B de l'ultrafiltre $\mathfrak{b}$ sur E on $a\left(A, \complement B\right) \notin R$ » est une cotte sur E. Réciproquement, si G est une cotte sur E, le graphe par rapport à (A, B) de la relation

$$B \in \bigcap_{\mathfrak{a} \in G(\Upsilon(A))} \mathfrak{a}$$

est un ordre topogène sur E dont la cotte est précisément G. Pour qu'un ordre topogène soit parfait (resp. biparfait) il faut et il suffit que sa cotte soit une nasse (resp. résille). Soient R et S des ordres topogènes, G et H respectivement leurs cottes; la cotte de l'ordre « complémentaire » de R est $\overset{-1}{G}$; la cotte de l'ordre topogène $R \circ S$ est $G \circ H$. Ainsi à une structure syntopogène sur E correspond une base de tramail sur E formée de cottes et réciproquement. Pour que deux structures syntopogènes soient équivalentes il faut et il suffit qu'elles aient le même tramail.

Remarque. — A tout graphe dans $\mathfrak{P}(E) \times \mathfrak{P}(E)$ correspond canoniquement une application de $\mathfrak{P}(E)$ dans $\mathfrak{P}(\mathfrak{P}(E))$ et réciproquement. M. Hacque a récemment étudié dans deux Notes ([11]) ce qu'il appelle des E-structures qui, moyennant cette correspondance canonique, se ramènent pour l'essentiel à des structures syntopogènes de Á. Császar; plus précisément : une E-application est un ordre semi-topogène, une E-application $\cup$-parfaite est un ordre semi-topogène parfait, une E-application semi-parfaite est un ordre topogène, une E-application parfaite est un ordre topogène biparfait. La définition de l'adjectif symétrique (resp. simple) est la même. Une E-structure semi-parfaite pré-idempotente est une structure syntopogène; une proximité faible est un ordre topogène symétrique.

([1]) *Voir* N. Bourbaki, *Éléments de Mathématique* (*Act. Sc. Ind.*, Paris), Livre III, chap. 2, § 1, 3e édition.

([2]) Cette notion, introduite par L. Nachbin (*Comptes rendus*, 226, 1948, p. 774) a été retrouvée, indépendamment, par D. Tamari (*Bull. Res. Counc. Israel*, 3, 1954, p. 417-428) et étudiée sous le nom de « quasi-ordoform structure ». Á. Császár (*Fondements de la topologie générale*, Gauthier-Villars, Paris, 1960) l'emprunte à Tamari et préfère le nom de structure quasi-uniforme qu'il donne à une base fondamentale plutôt qu'à l'ensemble des entourages.

([3]) Nous préférons ainsi harmoniser la terminologie, si nous gardons le nom donné par Nachbin, avec celle de Bourbaki.

([4]) N. Bourbaki, Livre III, chap. 2, § 4, théorème 1, 3e édition.

([5]) Pour les notations et la terminologie, voir *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2702.

([6]) *Voir* Császár, *loc. cit.*, p. 66 qui cite Efremović (que nous n'avons pu consulter).

([7]) La nouvelle terminologie de Bourbaki, que nous adoptons, ne postule plus la séparation.

([8]) Comparer avec N. Bourbaki, Livre III, chap. 9, § 1, exerc. 6, 2e édition.

([9]) Comparer avec Császár, *loc. cit.*, p. 170-171, et avec W. J. Pervin, *Math. Ann.*, 147, 1962, p. 316-317.

([10]) *Voir* Császár, *loc. cit.* pour les définitions de structure syntopogène.

([11]) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1905 et 2120.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les groupes de Lie semi-simples connexes.* Note (*) de M. **Hans Reiter**, présentée par M. Gaston Julia.

Cette Note fait suite à une autre [1], dont on conserve les notations. On démontre qu'il y a des groupes de Lie semi-simples connexes pour lesquels la propriété (P_1) n'est pas valable, ce qui aboutit à résoudre un problème de M. J. Dieudonné.

M. Dieudonné a démontré [2] que les groupes libres discrets à n générateurs ($n \geqq 2$) ne possèdent pas la propriété (P_1). En partant de ce résultat, nous allons l'étendre aux groupes $SL_n(\mathbf{R})$ et $SL_n(\mathbf{C})$, $n \geqq 2$, et aussi à une certaine classe de groupes discrets.

On sait que dans le groupe $SL_2(\mathbf{R})$ et partant aussi dans $SL_n(\mathbf{R})$ et $SL_n(\mathbf{C})$ pour $n \geqq 2$, il y a des sous-groupes libres discrets à deux générateurs; on peut même trouver de tels sous-groupes contenus dans $SL_2(\mathbf{Z})$ [3]. Nous allons établir maintenant le résultat suivant :

Lemme. — *Si le groupe localement compact* G *possède la propriété* (P_1), *alors tout sous-groupe discret de* G *la possède aussi.*

Démonstration. — Il suffira de considérer le cas où G satisfait au deuxième axiome de dénombrabilité (le cas général peut être réduit à celui-ci). Soit alors g un sous-groupe discret (donc dénombrable) de G. On sait que g possède dans G un domaine fondamental $\mathcal{F}$ mesurable pour la mesure de Haar sur G [4]. Alors on a pour $f \in L(G)$:

$$\int_G f(x)\,dx = \sum_{\xi \in g} \int_{\mathcal{F}} f(\xi x)\,dx,$$

dx étant une mesure de Haar à gauche sur G [5].

Soit E un ensemble fini contenu dans le sous-groupe g et soit $\varepsilon > 0$. Puisque la propriété (P_1) est valable pour le groupe G, on peut trouver une fonction $f \in L(G)$ telle que

$$f(x) \geqq 0 \qquad (x \in G),$$

$$\int_G f(x)\,dx = 1 \quad \text{et} \quad \int_G |f(\eta^{-1}x) - f(x)|\,dx < \varepsilon \quad \text{pour tout } \eta \in E.$$

Posons

$$s(\xi) = \int_{\mathcal{F}} f(\xi x)\,dx \qquad (\xi \in g).$$

Alors $s(\xi) \geqq 0$ sur g et $\sum_{\xi \in g} s(\xi) = 1$. On a aussi

$$\begin{aligned}\sum_{\xi \in g} |s(\eta^{-1}\xi) - s(\xi)| &= \sum_{\xi \in g} \left| \int_{\mathcal{F}} \{f(\eta^{-1}\xi x) - f(\xi x)\}\,dx \right| \\ &\leqq \sum_{\xi \in g} \int_{\mathcal{F}} |f(\eta^{-1}\xi x) - f(\xi x)|\,dx \\ &= \int_G |f(\eta^{-1}x) - f(x)|\,dx < \varepsilon \quad \text{pour tout } \eta \in E.\end{aligned}$$

Donc g possède bien la propriété (P_1).

Du résultat de M. Dieudonné cité plus haut il s'ensuit maintenant que *les groupes* $SL_n(\mathbf{R})$ *et* $SL_n(\mathbf{C})$ $(n \geq 2)$ *ne possèdent pas la propriété* (P_1); de même, cela est vrai pour $SL_n(\mathbf{Z})$.

La dernière assertion peut se généraliser comme suit : *si g est un sous-groupe discret de* $G = SL_n(\mathbf{R})$, *ou de* $G = SL_n(\mathbf{C})$, *tel que l'espace homogène* G/g *soit de mesure finie, alors la propriété* (P_1) *n'est pas valable pour g.* Cela découle du fait suivant : si G est un groupe localement compact unimodulaire et g un sous-groupe fermé unimodulaire de G tel que l'espace homogène G/g soit de mesure finie (pour la mesure invariante dans G/g), alors la propriété (P_1) pour g implique la propriété (P_1) pour G. La démonstration en est une modification convenable de celle donnée dans la Note antérieure (1). En effet, puisque G/g est à mesure finie, la fonction F (*loc. cit.*) est dans $L^1(G)$. En observant que F peut être approchée dans $L^1(G)$ par des fonctions dans $L(G)$, on peut alors démontrer : l'ensemble compact $E \subset G$ et le nombre $\varepsilon > 0$ étant donnés, on peut choisir une fonction $s(\xi)$ sur g de telle manière que $s_1(x) = (1/V)\int_g F(x\xi)\, s(\xi^{-1})\, d\xi$ (6) satisfasse aux conditions

$$s_1(x) \geq 0 \quad (x \in G),$$

$$\int_G s_1(x)\, dx = 1 \quad \text{et} \quad \int_G |s_1(y^{-1}x) - s_1(x)|\, dx < \varepsilon \quad \text{pour tout } y \in E,$$

ce qui établit la propriété (P_1) pour G.

Le résultat obtenu sur $SL_n(\mathbf{R})$ et $SL_n(\mathbf{C})$ implique, finalement, le même résultat pour les groupes $PSL_n(\mathbf{R})$ et $PSL_n(\mathbf{C})$.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) H. Reiter, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3627.

(2) J. Dieudonné, *J. Reine Angew. Math.*, 204, 1960, p. 30-34.

(3) J. von Neumann, *Fund. Math.*, 13, 1929, p. 73-116; *voir*, en particulier, p. 107-108. D'autres exemples — dans $SL_2(\mathbf{R})$ — en ont été indiqués par M. C. L. Siegel, *Math. Ann.*, 133, 1957, p. 127-138 (*voir* surtout § 2 et 9).

(4) C. L. Siegel, *Ann. Math.*, 44, 1943, p. 674-689 (lemme 2, p. 678).

(5) M. Siegel considère une mesure de Haar à droite et les translations $x \to x\xi (\xi \in g)$; ici nous utilisons les translations $x \to \xi x$.

(6) V désigne le volume de G/g.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes d'unicité pour des équations différentielles-opérationnelles.* Note (*) de MM. **Robert Carroll** et **Jérome Neuwirth**, présentée par M. Henri Villat.

On démontre quelques résultats opérationnels analogues à quelques théorèmes de MM. Calderon, Mizohata et Malgrange dans le problème de Cauchy.

On considère l'équation

$$(1)\qquad Pu=\sum_{i=0}^{m} A_i u^{(i)}=0,\qquad u^{(i)}(0)=0\qquad (i=0,\ldots,m-1),$$

où $u^{(i)}=d^i u/dt^i$, $t\to u(t)\in\mathcal{E}^m(H)$ [$\mathcal{E}^s(H)$ est l'espace des fonctions s-fois continûment différentiables à valeurs dans H], $t\to A_i u^{(i)}(t)\in\mathcal{E}^0(H)$, $A_m=I$, $A_0=P_0(\Lambda)$ (P_0 un polynome de degré m), A_i ($i=1,\ldots,m-1$) et Λ sont des opérateurs (non bornés) dans H [l'ensemble de définition $D(\Lambda^m)$ de Λ^m étant dense], et $\Lambda^{-1}=S\in\mathcal{L}(H)$ [$\mathcal{L}(H)$ est l'espace des opérateurs continus de H dans H]. On remarque que Λ est alors fermé, d'ensemble de définition dense. En faisant des hypothèses convenables [par exemple : $S^{m-i}A_i\subset A_iS^{m-i}$, $D(A_i)$ dense] on suppose que les opérateurs $\tilde{A}_i=A_iS^{m-i}$ ($i=1,\ldots,m-1$), d'ensembles de définition denses, soient bornés et donc puissent être étendus à H; nous écrivons $\tilde{A}_i\in\mathcal{L}(H)$. On est amené à poser le problème suivant pour $u\in\mathcal{E}^m(H)$, $\Lambda^{m-i}u^{(i)}\in\mathcal{E}^0(H)$, $u^{(i)}(0)=0$ $(0\leq i\leq m-1)$:

$$(2)\qquad u^{(m)}+\Lambda\sum_{i=0}^{m-1}\tilde{A}_i u_{i+1}=0,$$

où $u_{i+1}=\Lambda^{m-i-1}u^{(i)}$ ($i=0,\ldots,m-1$); on admet que $\tilde{A}_i\Lambda\subset\Lambda\tilde{A}_i$ et que les $\tilde{A}_i$ et S soient permutables. Si $D(\Lambda^{m-i})\supset D(A_i)$ l'unicité dans le problème (2) entraîne l'unicité dans le problème (1) (sous les hypothèses ci-dessus). L'équation (2) est équivalente [*voir* (²), (³)] à

$$(3)\qquad \frac{d\vec{u}}{dt}+\Lambda H\vec{u}=0,\qquad \vec{u}=\begin{pmatrix}u_1\\ \vdots\\ u_m\end{pmatrix},\qquad \vec{u}(0)=0;$$

$$(4)\qquad H=\begin{pmatrix}0 & -1 & \ldots & 0\\ \cdot & \ldots & \ldots & \cdot\\ 0 & 0 & \ldots & -1\\ \tilde{A}_0 & \tilde{A}_1 & \ldots & \tilde{A}_{m-1}\end{pmatrix}.$$

Le polynome caractéristique de H est donné formellement par

$$|\lambda I-H|=(-1)^m q(\lambda)=(-1)^m\sum_{i=0}^{m}(-\lambda)^i\tilde{A}_i\qquad \text{où }\ \tilde{A}_m=I\quad\text{et}\quad \tilde{A}_0=q_0(S).$$

Soit B l'algèbre de Banach commutative engendrée par les $m+1$ éléments a_i; $a_0 = S$, $a_m = I$, $a_i = \tilde{A}_i$ $(i = 1, \ldots, m-1)$. On définit le spectre conjoint $\sigma(a) \subset \mathbf{C}^m$ des éléments a_i, $a = (a_0, a_1, \ldots, a_{m-1})$, $i = 0, \ldots, m-1$, comme dans ([1]); alors $\sigma(a)$ est contenu dans le polydisque $U^\varepsilon = \Pi D_i^\varepsilon$ où $D_i^\varepsilon = \{ z_i : |z_i| < \| a_i \| + \varepsilon \}$. Il existe [*voir* ([1])] un homomorphisme continu d'algèbres $J : \mathcal{H}(U^\varepsilon) \to B$, $J(1) = I$, $J(z_i) = a_i$. [$\mathcal{H}(U^\varepsilon)$ est l'algèbre des fonctions holomorphes dans l'ouvert U^ε muni de la topologie de convergence uniforme dans les ensembles compacts; on utilise ici des polydisques à cause d'une condition introduite ultérieurement.] On considère l'équation

$$q(\lambda, z) = q_0(z_0) + \sum_{i=1}^{m-1} (-\lambda)^i z_i + (-\lambda)^m = 0$$

et l'on suppose qu'il existe m fonctions $\lambda_j(z)$, holomorphes dans U^ε, solutions de $q(\lambda, z) = 0$. Les $\lambda_j(z)$ donnent lieu à m éléments $\lambda_j(a) \in B$.

D'abord on considère le cas où $\lambda_i(z) \neq \lambda_j(z)$ dans U^ε [un critère élémentaire est que le discriminant $D(z)$ de $q(\lambda, z)$ ne soit pas nul dans U^ε]. Dans ce cas $(\lambda_i(z) - \lambda_i(z))^{-1}$ est holomorphe dans un polydisque $U^{\varepsilon/2}$ et alors il existe m opérateurs distincts $\lambda_i(a) \in B$ avec $(\lambda_i(a) - \lambda_j(a))^{-1} \in B$. En écrivant N^{-1} pour le déterminant de Vandermonde $V(-\lambda_1, \ldots, -\lambda_m)$ on construit N et la matrice diagonale $\mathcal{H}$, $\mathcal{H} = NHN^{-1} = ((\lambda_i))$ [*voir* ([2]), ([3])]. Si $\vec{y} = N\vec{u}$, alors $\vec{y}' + \mathcal{H}\Lambda\vec{y} = 0$, $\vec{y}(0) = 0$ (on remarque que $B\Lambda \subset \Lambda B$). En suivant toujours ([3]) on suppose que $\vec{v}(0) = \vec{v}(\tau) = 0$ et l'on pose

$$\vec{w} = \exp\left(\frac{k}{2}\right)(t-\tau)^2\vec{v} = \psi\vec{v}, \qquad \mathcal{H}_1 = \frac{\mathcal{H} + \mathcal{H}^*}{2}, \qquad \mathcal{H}_2 = \frac{\mathcal{H} - \mathcal{H}^*}{2}$$

et

$$I = \int_0^\tau \psi^2 \| \vec{v}' + \mathcal{H}\Lambda\vec{v} \|^2 \, dt.$$

Afin d'obtenir des inégalités pour I semblables à celles de ([3]) il faut considérer les opérateurs

$$T_1 = \Lambda^*\mathcal{H}_2 - \mathcal{H}\Lambda, \qquad T_2 = \mathcal{H}_1\Lambda - \Lambda^*\mathcal{H}_1 \qquad \text{et} \qquad T_3 = \frac{(\mathcal{H}^*\mathcal{H} - \mathcal{H}\mathcal{H}^*)\Lambda}{2}.$$

THÉORÈME 1. — *Soit* $\Lambda^* - \Lambda$ *borné dans* $D(\Lambda)$ *et* $D(\Lambda) \subset D(\Lambda^*)$; *alors* T_1 *et* T_2 *sont bornés dans* $D(\Lambda)$. *Si de plus* $\| (a_i^* - a_i)\Lambda^* \| \leq c \| a_i \|$ [*dans* $D(\Lambda^*)$] *il s'ensuit que* T_3 *est borné dans* $D(\Lambda)$.

Pour démontrer ce dernier fait on utilise le développement de λ_i en série de Taylor. C'est ici qu'on a besoin des voisinages polydisques de $\sigma(a)$ dans lesquels $\lambda_i(z)$ soit holomorphe (à moins que des hypothèses beaucoup plus compliquées ne portent sur les a_i).

Si maintenant $\mathcal{H}_1$ est inversible, on trouve que pour $k > k_0$ et τ suffisamment petit il résulte

$$I \geq \frac{c}{k}\int \| \Lambda\vec{w} \|^2 \, dt + c_1 k \int \| \vec{w} \|^2 \, dt \qquad \left(\text{si } \mathcal{H}_1 = 0 \text{ on a } I \geq c_2 k \int \| \vec{w} \|^2 \, dt\right).$$

Alors, d'après ([3]). on démontre :

THÉORÈME 2. — *Soient vérifiées les hypothèses du théorème 1 et soit* $\mathcal{H}_1$ *inversible ou* $\mathcal{H}_1 = 0$. *Si* $\vec{y}' + \mathcal{H}\Lambda\vec{y} = 0$ *avec* $\vec{y}(0) = 0$ *il suit que* $\vec{y} \equiv 0$ *dans un voisinage de* $t = 0$.

Afin de traiter le cas où les λ_j ne soient pas distincts on emploie un procédé analogue à ([1]) en écrivant $Pu = \Pi(d/dt + \lambda_i\Lambda)\,u$. Si

$$v^{(i)}(0) = v^{(i)}(\tau) = 0 \quad (i = 0, \ldots, m-1), \qquad w = \psi v, \qquad I_j = \int \psi^2 \| v' + \lambda_j \Lambda v \|^2\, dt,$$

les méthodes précédentes peuvent être appliquées à I_j. [On utilise la résolution $\lambda_j = \tilde{\lambda}_j + \hat{\lambda}_j$, $\tilde{\lambda}_j = (\lambda_j + \lambda_j^*)/2$, $\hat{\lambda}_j = (\lambda_j - \lambda_j^*)/2$ et au lieu de T_i on travaille avec les termes de T_i séparément.] En itérant ce procédé on a :

THÉORÈME 3. — *Soient vérifiées les hypothèses du théorème 1 et soit* $\tilde{\lambda}_j$ *inversible, alors*

$$(5) \qquad \int \psi^2 \| Pv \|^2\, dt \geq c^m \sum_{l=0}^{m} \binom{m}{m-l} k^{m-2l} \int \psi^2 \| \Lambda^l v \|^2\, dt.$$

Si $Pu = 0$, $u^{(i)}(0) = 0\ (i = 0, \ldots, m-1)$ *et si* $\tilde{\lambda}_j$ *est inversible, ou* $\tilde{\lambda}_j = 0$, *il en résulte que* $u \equiv 0$ *dans un voisinage de* $t = 0$.

Remarque 1. — On trouve des cas particulièrement intéressants en supposant : (*a*) $A_i = P_i(\Lambda)$ où P_i est un polynome de degré $m - i$; (*b*) les a_i sont des opérateurs normaux; (*c*) $\Lambda = \Lambda^*$.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) R. ARENS, *Pacific J. Math.*, 11, 1961, p. 405-429.
([2]) A. CALDERON, *Amer. J. Math.*, 80, 1958, p. 16-36.
([3]) B. MALGRANGE, *Sém. Bourbaki*, 11, 1958-1959, n° 178, *Sém. Schwartz*, 1959-1960.
([4]) S. MIZOHATA, *Mem. Coll. Sc. Univ. Kyoto*, 31, 1958, p. 121-128.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Indicatrices des fonctions analytiques et inversion de la transformation de Fourier-Borel par la transformation de Laplace.* Note (*) de M. **André Martineau**, présentée par M. Paul Montel.

On précise l'énoncé d'un théorème de la Note précédente; on introduit l'indicatrice projective d'une fonctionnelle analytique qui, grâce à une intégrale de M. Leray, conduit à une nouvelle forme de la représentation de Pólya pour une fonction entière de type exponentiel.

1. Notations et définitions. — Nous continuons une Note précédente (3).

2. Erratum. — Sous la forme énoncée, le théorème 1 de (3) est faux. On doit comprendre : *si* K *est rationnellement convexe, on peut trouver des* R_i *définissant* K *telles que le théorème* 1 *de* (3) *soit vrai.*

Nous considérons alors que les R_i sont en *position générale.*

Si $(S_1, \ldots, S_n, \ldots)$ est une suite de fractions définissant K, on la réordonne en

$$(S_1, S_2, S_1, S_2, S_3, S_1, \ldots) = (\Sigma_1, \Sigma_2, \Sigma_3, \Sigma_4, \ldots),$$

on effectue sur Σ_N une substitution linéaire très voisine de l'identité en sorte que, à l'infini, la partie σ_N des directions polaires et d'indétermination de Σ_N commune avec chaque $\sigma_{i_0} \cap \ldots \cap \sigma_{i_k}$, $i_0 < i_1 < \ldots < i_k < N$ soit de dimension complexe inférieure à $n - k - 3$, on obtiendra ainsi par récurrence un système $(T_1, T_2, \ldots, T_3, \ldots)$ auquel les déductions indiquées en (3) s'appliquent. Cette construction s'étend à une famille quelconque moyennant l'hypothèse du continu.

Si $\complement$K *est une réunion d'hyperplans complexes, on peut prendre pour famille* R_i *une famille* $R_i(X_i)$, *où* $R_i(t)$ *est une fraction rationnelle d'une variable* t, *et* $X_i \in E^*$; *elle est automatiquement en position générale.*

3. L'indicatrice projective. — Si E est un espace vectoriel, P (E) désigne l'espace projectif obtenu en adjoignant à E ses points à l'infini. Pour $E = \mathbf{C}^n$, on note $\xi = (\xi_0, \xi_1, \ldots, \xi_n)$ les coordonnées homogènes duales de $(z_1, \ldots, z_n)$ dans E^*, $t = (t_1, \ldots, t_n)$ les coordonnées usuelles; ξ désigne aussi le point de $P(E^*)$ associé, ou l'hyperplan

$$\xi_0 + \xi_1 z_1 + \ldots + \xi_n z_n = 0 \quad \text{de E.}$$

Soit

$$\Omega = \sum_{n=1}^{n} (-1)^h z_h dz_1 \wedge \ldots \wedge \widehat{dz_h} \wedge \ldots \wedge dz_n.$$

Soit $F(t_1, \ldots, t_n)$ une fonction entière de type exponentiel sur E^*, transformée de Fourier-Borel de $T \in H'(K)$ et $\varphi = (\varphi_{i_0, \ldots, i_{n-1}})$ une indicatrice de T.

Pour tout ξ, $\xi \subset \complement K$, la restriction de $\varphi.\Omega$ à ξ définit un $(n-1)$-cocycle du recouvrement de $P(\xi)$ par les $\omega_i \cap P(\xi)$ (les ω_i prolongés à l'infini) à valeurs dans Ω^{n-1}, donc un élément de $H^{n-1}(P(\xi); \Omega^{n-1})$ lequel est isomorphe à $\mathbf{C}$, dont la valeur sera notée $\varphi_{p,T}(\xi)$. On obtient une fonction $\xi \to \varphi_{p,T}(\xi)$ définie sur l'ouvert $\mathcal{U} = \{\xi \mid \xi \cap K = \emptyset\}$ de $P(E^*)$, qui contient ∞, que nous appelons *indicatrice projective de* T. Nous supposerons désormais, $o \in K$ et $\complement K = \bigcup_{K \cap \xi = \emptyset} \xi$.

Théorème 1. — *$\varphi_{p,T}$ est une fonction holomorphe de ξ sur $\mathcal{U}$. La correspondance $T \to \varphi_{p,T}$ est un isomorphisme vectoriel topologique entre* $H'(K)$ *et* $H(\mathcal{U})$.

Démonstration. — *Premier point.* — Puisque $o \in K$, une transformation projective ramène au cas où ξ est voisin de ∞. Si

$$\varphi_{i_0,\ldots,i_{n-1}} = \sum a_{j_1,\ldots,j_n} z_1^{-(j_1+1)} \ldots z_n^{-(j_n+1)},$$

on trouve

$$\varphi_{p,T}(\xi) = (-1)^n \sum (-1)^{j_1+\ldots+j_n} \frac{(j_1+\ldots+j_n)!}{j_1!\ldots j_n!} a_{j_1,\ldots,j_n} \frac{\xi_1^{j_1}\ldots\xi_n^{j_n}}{\xi_0^{j_1+\ldots+j_n}}.$$

Deuxième point. — Il résulte de ([3]), en tenant compte de l'expression précédente que :

Si ξ_h est la partie homogène de la fonction $\xi \to \xi(x)$, E_ξ est le quotient de E par l'hyperplan $\xi_h(x) = 0$; $\xi(T)$ désigne la projection de T sur E_ξ; pour $\xi = \xi_0 + \xi_h$, $\bar{\xi}$ désigne la fonction induite sur E_ξ.

Proposition 1 :

$$\varphi_{p,T}(\xi) = (-1)^{n+1} \varphi_{p,\xi(T)}(\bar{\xi}).$$

Démonstration. — Les deux membres de cette formule dépendant linéairement et continuement de T, on vérifie l'égalité avec δ_y.

On trouve

$$\varphi_{p,\delta_y} = (-1)^n \frac{\xi_0}{\xi_0 + \xi_1 y_1 + \ldots + \xi_n y_n},$$

$$\varphi_{p,\xi(\delta_y)} = \frac{-u}{u + \xi_1 y_1 - \ldots + \xi_n y_n}, \qquad \text{où } u = +\xi_0.$$

4. Utilisation d'une formule intégrale de M. J. Leray :

$$\frac{\partial^{n-1}}{\partial \xi_0^{n-1}} \left(\frac{1}{\xi_0} \varphi_{p,T}(\xi) \right) \text{ est homogène de degré } -n \text{ en } \xi.$$

Soit

$$(1) \qquad \omega'(\xi) = \sum_{h \geq 1}^{n} (-1)^h \xi_h d\xi_1 \wedge \ldots \wedge \widehat{d\xi_h} \wedge \ldots \wedge d\xi_n;$$

$$\left[\frac{\partial^{n-1}}{\partial \xi_0^{n-1}} \left(\frac{1}{\xi_0} \varphi_{p,T}(\xi) \right) \right] \omega'(\xi)$$

définit donc une forme différentielle sur $\mathfrak{U}$. Si f est holomorphe au voisinage de K convexe, selon (1), on a

$$f(y) = \frac{(n-1)!}{(2i\pi)^n} \int_{(z,\xi)\in h} f(z) \left[\left(\frac{1}{\xi_0 + \xi_1 y_1 + \ldots + \xi_n y_n} \right)^n \omega'(\xi) \right] \wedge \omega(z),$$

le point (z, ξ), où $\xi(z) = 0$, parcourant un cycle convenable h dans $E \times P(E^*)$, z étant très voisin de la frontière de K. D'où, après justification aisée :

$$\langle T_y, f(y) \rangle = \frac{(n-1)!}{(2i\pi)^n} \int_h f(z) \left[\left\langle T_y, \frac{1}{\xi^n(y)} \right\rangle \omega'(\xi) \right] \wedge \omega(z),$$

$\left\langle T_y, \frac{1}{\xi^n(y)} \right\rangle \omega'(\xi)$ est une $(n-1)$-forme différentielle holomorphe sur $\mathfrak{U}$.

Proposition 2 :

$$[(n-1)!] \left\langle T_y, \frac{1}{\xi^n(y)} \right\rangle \omega'(\xi) = \left[-\frac{\partial^{n-1}}{\partial \xi_0^{n-1}} \left(\frac{1}{\xi_0} \varphi_{p,T}(\xi) \right) \right] \omega'(\xi).$$

Démonstration. — Sur $\mathfrak{U}$, les deux expressions dépendant linéairement et continuement de l'argument T, on vérifie leur égalité seulement pour des δ_y. En corollaire, on a le

Théorème 2. — F *admet la représentation de Pólya :*

$$F(t_1, \ldots, t_n) = \frac{1}{(2i\pi)^n} \int_{(z,\xi)\in -h} \exp(z_1 t_1 + \ldots + z_n t_n) \left[\left[\frac{\partial^{n-1}}{\partial \xi_0^{n-1}} \left(\frac{1}{\xi_0} \varphi_{p,T}(\xi) \right) \right] \omega'(\xi) \right] \wedge \omega(z).$$

La Note précédente, par la proposition, 1 donnait cette représentation à l'aide d'une intégrale de Weil ou Martinelli.

Ces formules sont à comparer à (2) [chap. VII, formules (58-1) et (59-1)].

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) J. Leray, *Bull. Soc. math. Fr.*, 87, 1959, p. 81 à 180.

(2) J. Leray, *Bull. Soc. math. Fr.*, 90, 1962, p. 39 à 156.

(3) A. Martineau, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1845.

(1, *rue du Commerce, Montpellier, Hérault.*)

ÉQUATIONS AUX DÉRIVÉES PARTIELLES. — *Construction des solutions élémentaires du laplacien d'une variété riemannienne de dimension impaire et de type hyperbolique normal.* Note (*) de M. **Edmond Combet**, présentée par M. Henri Villat.

Sur une variété riemannienne analytique V_m de dimension impaire, de type hyperbolique normal, on construit par la méthode du prolongement analytique les solutions élémentaires $E^{\pm}_{x'}$ du laplacien $\Delta = -g^{\alpha\beta}\nabla_\alpha \partial_\beta$ relatives au point x' et supportées respectivement par le futur et le passé de ce point. Noyaux élémentaires. Généralisations diverses.

1. Sur la variété V_m supposée analytique, on fixe en x' un repère orthonormé $R^{x'}$ et l'on rapporte un voisinage convenable de x' aux coordonnées normales x^α ($\alpha = 0, 1, 2, \ldots, m-1$) relatives à $R^{x'}$. Le long de la géodésique tangente en x' à $(u^\alpha) \in T_{x'}(V_m)$ et de paramètre affine s, on a $x_\alpha = su^\alpha$. Les calculs qui suivent sont locaux et effectués dans ces coordonnées normales. On pose

$$P(x) = g_{\alpha\beta}(x)\,x^\alpha x^\beta = g_{\alpha\beta}(x')\,x^\alpha x^\beta.$$

Pour λ complexe, de partie réelle > 2, on définit les fonctions

$$(1)\qquad \begin{cases} P^\lambda_+(x) = P^\lambda(x) & \text{pour } P(x) \geqq 0,\quad x^0 \geqq 0 \text{ et nulle ailleurs,} \\ P^\lambda_-(x) = P^\lambda(x) & \text{pour } P(x) \geqq 0,\quad x^0 \leqq 0 \text{ et nulle ailleurs.} \end{cases}$$

Suivant une méthode de J. Hadamard ([1]) on considère une fonction analytique $U(x)$ de la forme

$$(2)\qquad U(x) = \sum_{n=0}^{\infty} U_n(x)\,P^n(x)$$

et l'on pose

$$(3)\qquad \mathcal{Q}^{(\lambda)}_{\pm}(x) = U(x)\,P^\lambda_{\pm}(x).$$

Il vient alors

$$\Delta P(x) = -2m - \frac{2s}{\sqrt{|g(x)|}}\,\frac{\partial}{\partial s}\sqrt{|g(x)|},$$

$$(4)\qquad \begin{aligned} \Delta \mathcal{Q}^{(\lambda)}_{\pm} = & -(2m + 4\lambda - 4)\,P^{\lambda-1}_{\pm}\sum_{n=0}^{\infty}(\lambda + n)\,U_n P^n \\ & - \lambda P^{\lambda-1}_{\pm}\left\{4s\frac{\partial}{\partial s}U_0 + \frac{2sU_0}{\sqrt{|g(x)|}}\,\frac{\partial}{\partial s}\sqrt{|g(x)|}\right\} \\ & - P^{\lambda-1}_{\pm}\sum_{n=1}^{\infty}P^n\left\{(n+\lambda)\left[4s\frac{\partial}{\partial s}U_n \right.\right. \\ & \left.\left. + U_n\left(\frac{2s}{\sqrt{|g(x)|}}\,\frac{\partial}{\partial s}\sqrt{|g(x)|} + 4n\right)\right] - \Delta U_{n-1}\right\}. \end{aligned}$$

Pour des $U_n(x)$ ($n = 0, 1, 2, \ldots$) solutions de

$$2\frac{\partial}{\partial s}U_0(x) + \frac{U_0(x)}{\sqrt{|g(x)|}}\,\frac{\partial}{\partial s}\sqrt{|g(x)|} = 0,$$

$$(n+\lambda)\left[4s\frac{\partial}{\partial s}U_n(x)+U_n(x)\left(\frac{2s}{\sqrt{|g(x)|}}\frac{\partial}{\partial s}\sqrt{|g(x)|}+4n\right)\right]-\Delta U_{n-1}(x)=0,$$

l'équation (4) se réduit à

$$\Delta \mathcal{P}_{\pm}^{(\lambda)}(x)=-4\left(\lambda+\frac{m}{2}-1\right)P_{\pm}^{\lambda-1}(x)\,V(x), \tag{5}$$

où

$$V(x)=\sum_{n=0}^{\infty}(\lambda+n)\,U_n(x)\,P^n(x). \tag{6}$$

En posant, pour $n=1, 2, 3, \ldots$:

$$U_0(x)=|g(x)|^{\frac{1}{4}} \quad \text{et} \quad U_n(x)=\frac{U_0(x)}{4(n+\lambda)s^n}\int_0^s t^{n-1}\frac{\Delta U_{n-1}(\xi)}{U_0(\xi)}\,dt, \quad \xi^\alpha=tu^\alpha, \tag{7}$$

on obtient l'équation (5) et des fonctions $U(x)$ et $V(x)$ analytiques sur un voisinage de x', dépendant analytiquement de x' [(1), chap. III, § 63] et vérifiant

$$U(x')=1, \qquad V(x')=\lambda, \tag{8}$$

ces propriétés demeurant vraies pour tout $\lambda\neq -1, -2, -3, \ldots$. (*Voir* § 2.)

2. Les relations $\varphi\in\mathcal{D}_{V_m}\rightarrow\langle P_{\pm}^{\lambda},\varphi\rangle=\int P_{\pm}^{\lambda}(x)\,\varphi(x)\,\eta(x)$, où η est la m-forme élément de volume définissent les fonctions (1) comme distributions qu'on peut prolonger analytiquement (2); les distributions obtenues sont régulières pour $\lambda\neq -1, -2, -3, \ldots$ et $\lambda\neq-(m/2), -(m/2)-1, \ldots$ et vérifient

$$\underset{\lambda=-\frac{m}{2}}{\text{résidu}}\,P_{\pm}^{\lambda}=\frac{1}{2}\,\frac{(-1)^{\frac{m-1}{2}}\,\pi^{\frac{m}{2}}}{\Gamma\left(\frac{m}{2}\right)}\,\delta_{x'}, \tag{9}$$

où $\delta_{x'}$ est la distribution de Dirac de support x'.

De (8) et (9) on déduit

$$\underset{\lambda=1-\frac{m}{2}}{\text{résidu}}\,P_{\pm}^{\lambda-1}V=c\,\delta_{x'}, \qquad \text{où} \quad c=\left(1-\frac{m}{2}\right)\frac{(-1)^{\frac{m-1}{2}}\,\pi^{\frac{m}{2}}}{2\Gamma\left(\frac{m}{2}\right)}. \tag{10}$$

De (5) il découle alors que

$$\Delta\mathcal{P}_{\pm}^{\left(1-\frac{m}{2}\right)}=-4c\,\delta_{x'}$$

et les distributions

$$E_{x'}^{\pm}(x)=-\frac{1}{4c}\mathcal{P}_{\pm}^{\left(1-\frac{m}{2}\right)}$$

sont pour x' les solutions élémentaires cherchées de Δ sur un voisinage de x'.

Cette construction des solutions élémentaires permet d'obtenir naturellement les deux noyaux élémentaires $E^{\pm}(x, x')$ du laplacien Δ sur un voisinage de la diagonale de $V_m \times V_m$.

3. *a*. La substitution de $Q^{\lambda}(x) = |P|^{\lambda}$ pour $P(x) \leq 0$ et nulle ailleurs, aux $P^{\lambda}_{\pm}(x)$ dans les calculs précédents permet d'obtenir une solution de l'équation homogène $\Delta = 0$, supportée par l'ailleurs de x'. Le noyau correspondant est symétrique en x, x'.

b. Dans le cas où V_m est C^{∞}, on peut poser $U(x) = \sum_{n=0}^{N} U_n(x) P^n(x)$ et $V(x) = \sum_{n=0}^{N} (\lambda + n) U_n(x) P^n(x)$, où les U_n sont encore donnés par (7) $(0 \leq n \leq N)$. Les $\mathcal{P}^{[1-(m/2)]}_{\pm}$ correspondants définissent des paramétrix pour Δ, dont on peut déduire les solutions élémentaires $E^{\pm}$, la méthode de De Rham ([3]) s'appliquant ici avec conservation des propriétés de support.

c. D'un théorème d'unicité ([4]) il résulte que les noyaux $E^{\pm}(x, x')$ obtenus sont invariants dans toute isométrie sur V_m, que $E^{+}(x', x) = E^{-}(x, x')$ et que

$$G(x, x') = E^{+}(x', x) - E^{-}(x', x)$$

est le propagateur introduit par A. Lichnerowicz en théorie quantique des champs relativistes ([4]) (ici, pour $m = 5$, théorie unitaire de Jordan-Thiry).

d. Dans le cas tensoriel, on aura par exemple

$$\Delta_x E^{(1)\pm}(x, x') = \delta(x, x')\,\tau(x, x'),$$

où $\tau(x, x')$ est le bitenseur de transport de V_m ([4]), en posant

$$E^{(1)\pm}_{x, x'} = -\frac{1}{4c} P_{\pm}^{\left(1 - \frac{m}{2}\right)} \sum_{n=0}^{\infty} t^{(n)}_{x, x'} P^n,$$

avec $t^{(0)}_{x, x'} = U_0 \tau_{x, x'}$ et les $t^{(n)}$ $(n = 1, 2, \ldots)$ déterminés par des relations analogues à (7).

e. On applique le procédé de descente pour passer de m à $m - 1$ (pair) et, dans le cas plat, on écrit que $|g(x)| \equiv 1$ en coordonnées normales, ce qui donne $-(1/4c)\,P_{\pm}^{1-(m/2)}$.

On envisage d'étendre cette méthode au cas ultra-hyperbolique ([5]).

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) J. Hadamard, *Lectures on Cauchy's problem in linear partial differential equations*, Dovers, New-York, 1952.

([2]) I. M. Guelfand et G. E. Chilov, *Les distributions*, Dunod, Paris, 1962.

([3]) De Rham, *Variétés différentiables*, Hermann, Paris, 1955.

([4]) A. Lichnerowicz, *Propagateurs et commutateurs en Relativité générale*, Publication de l'Institut des Hautes Études Scientifiques, n° 10, 1961.

([5]) Y. Bruhat, *Colloque C.N.R.S.*, Nancy, 1956.

(23, *avenue F.-Roosevelt, Meaux, Seine-et-Marne.*)

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Sur une classe de problèmes à la frontière non elliptiques, d'ordre supérieur.* Note (*) de M. **Demeter Mangeron**, présentée par M. Louis de Broglie.

A la suite d'un certain nombre de travaux de l'auteur [(1), (2), (3)] concernant une nouvelle classe de problèmes à la frontière non elliptiques [(4), (5)], on établit ci-dessous l'équation fonctionnelle approximative (13) qui conduit pour $s_1 \to 0$, $s_2 \to 0$ à celle généralisant les équations de programmation dynamique de M. Bellman [(8), (9)] relatives au problème classique (14).

1. Soit $X(x_1, x_2, \ldots, x_{2n})$ un point de l'espace à $2n$-dimensions, Γ', l'ensemble des fonctions $z(X)$ continues dans le domaine $R(x_i^* \leqq x_i \leqq x_i^{**})$ avec ses dérivées partielles

$$\frac{\partial z}{\partial x_i}, \quad \frac{\partial^2 z}{\partial x_i \partial x_j}, \quad \ldots, \qquad (i \neq j;\ i, j, \ldots = 1, 2, \ldots, 2n)$$

et sa « dérivée totale » au sens de M. Picone (6)

$$z' \equiv \frac{\partial^{2n} z}{\partial x_1 \partial x_2 \ldots \partial x_{2n}}, \tag{1}$$

Γ'_0 l'ensemble des fonctions de Γ' s'annulant sur la frontière FR de R, Γ'' l'ensemble de toutes les fonctions de Γ' dont la dérivée totale du premier ordre z' fait partie elle aussi de Γ'. Soit enfin l'ensemble Γ''_0 des fonctions de Γ'' s'annulant identiquement sur la frontière FR de R. Soient encore A (X), B (X) deux fonctions données de la classe Γ' et C (X) une fonction continue dans R. On écrira aussi $z(x_1, x_2, \ldots, x_{2n}) \equiv z(X)$.

Nous avons démontré [(1), (2), (3)] dans le cadre d'une série de problèmes nouveaux de valeurs à la frontière pour les équations de type non elliptique [(4), (5)] que pour toutes les fonctions de la classe Γ''_0 satisfaisant à l'équation

$$L_\lambda(u) \equiv [A(X)u' + \lambda B(X)u]' + \lambda[B(X)u' + C(X)u] = 0, \tag{2}$$

où λ est un paramètre et $A(X) > 0$ ont lieu les propositions analogues aux théorèmes classiques de Hilbert-Masson concernant la détermination par les méthodes variationnelles des valeurs et des fonctions caractéristiques des divers problèmes aux limites. On a, en particulier :

1. *L'équation différentielle* (2) *admet une valeur caractéristique positive* λ_{0+} *et une valeur caractéristique négative* λ_{0-}, *dont les modules* $|\lambda_{0+}|$ *et* $|\lambda_{0-}|$ *sont les minimums de la fonctionnelle*

$$D(f) = \int_R A(X) f'^2(X)\, dx_1\, dx_2 \ldots dx_{2n}, \tag{3}$$

respectivement dans les agrégats F_1 *et* F_2 *(supposés non vides) des fonctions de* Γ''_0 *satisfaisant aux conditions*

$$(4)\qquad H(f)=\int_R[2B(X)f(X)f'(X)+C(X)f^2(X)]\,dx_1\,dx_2\ldots dx_{2n}=-1,$$

$$(4')\qquad H(f)=\int_R[2B(X)f(X)f'(X)+C(X)f^2(X)]\,dx_1\,dx_2\ldots dx_{2n}=+1.$$

Le minimum est atteint par $D(f)$ *pour la fonction caractéristique* u_{0+} *ou bien* u_{0-} *du système différentiel* (2) *et*

$$(5)\qquad u\,|_{FR}=0.$$

Le résultat énoncé reste encore valable si l'on remplace le domaine envisagé par un ouvert borné quelconque, et si le nombre s des variables est impair ([10]).

2. Dans ce qui suit nous énonçons, en nous bornant ici à $n=1$ ([7]), quelques résultats relatifs à la technique de la programmation dynamique des problèmes à la frontière ci-dessus.

En prenant le point de départ du problème de la minimisation de

$$(6)\qquad J(u)=\int_{a_1}^1\int_{a_2}^1\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y}\right)^2dx\,dy,$$

pour toutes les fonctions u satisfaisant aux conditions

$$(7)\qquad \begin{cases} u(a_1,y)=k_1(y), & u(x,a_2)=k_2(x),\\ k_1(a_2)=k_2(a_1)=k, & u(x,1)=u(1,y)=0,\end{cases}$$

$$(8)\qquad \int_{a_1}^1\int_{a_2}^1 A(x,y)\,u^2\,dx\,dy=1,$$

où les variables a_1, a_2 satisfont aux inégalités

$$(9)\qquad 0\leqq a_1<1,\qquad 0\leqq a_2<1$$

et où la fonction continue dans $R=[0,1]\times[0,1]$, $A(x,y)$, est soumise à

$$0<b_1\leqq A(x,y)\leqq b_2,$$

considérons, en y conservant (7) et (8), la *fonctionnelle*

$$(10)\qquad f(a_1,a_2,k_1(y),k_2(x))=\mathrm{Min}\int_{a_1}^1\int_{a_2}^1\left(\frac{\partial^2 u}{\partial x\,\partial y}\right)^2dx\,dy.$$

A la suite du fait qu'on peut écrire le long d'une extrémale

$$(11)\qquad \begin{cases} \displaystyle\int_{a_1+s_1}^1\int_{a_2+s_2}^1 A(x,y)\,u^2\,dx\,dy\\ \displaystyle=\left[\int_{a_1}^1\int_{a_2}^1-\int_{a_1}^{a_1+s_1}\int_{a_2}^{a_2+s_2}-\int_{a_1}^{a_1+s_1}\int_{a_2+s_2}^1-\int_{a_1+s_1}^1\int_{a_2}^{a_2+s_2}\right]A(x,y)\,u^2\,dx\,dy\\ \displaystyle=1-s_1\int_{a_2+s_2}^1 A(a_1,y)\,k_1^2(y)\,dy-s_2\int_{a_1+s_1}^1 A(x,a_2)\,k_2^2(x)\,dx\\ \qquad (a_1+s_1\leqq x\leqq 1;\ a_2+s_2\leqq y\leqq 1),\end{cases}$$

$$(12)\qquad u(a_1+s_1,\, a_2+s_2) = k + s_1 v_1 + s_2 v_2, \qquad v_1 = \left.\frac{\partial u}{\partial x}\right|_{x=a_1}, \qquad v_2 = \left.\frac{\partial u}{\partial y}\right|_{y=a_2},$$

on obtient l'équation fonctionnelle approximative

$$\begin{aligned}(13)\quad & f(a_1,\, a_2,\, k_1(y),\, k_2(x)) \\ &= \underset{v_1, v_2}{\mathrm{Min}} \Bigg[s_1 \int_{a_2+s_2}^{1} v_{1y}^2\, dy + s_2 \int_{a_1+s_1}^{1} v_{2x}^2\, dx \\ &\qquad + \Bigg(1 - \frac{s_1}{2} \int_{a_2+s_2}^{1} \mathrm{A}(a_1,\, y)\, k_1^2(y)\, dy \\ &\qquad\qquad - \frac{s_2}{2} \int_{s_1+a_1}^{1} \mathrm{A}(x,\, a_2)\, k_2^2(x)\, dx \Bigg) \\ &\qquad \times f\Bigg(a_1+s_1,\, a_2+s_2,\, k+s_1 v_1 \\ &\qquad\qquad + \frac{s_1 k}{2} \int_{a_2+s_2}^{1} \mathrm{A}(a_1,\, y)\, k_1^2(y)\, dy,\, k+s_2 v_2 \\ &\qquad\qquad\qquad + \frac{s_2 k}{2} \int_{a_1+s_1}^{1} \mathrm{A}(x,\, a_2)\, k_2^2(x)\, dx \Bigg) \Bigg] + o(s_1,\, s_2),\end{aligned}$$

où

$$v_{1y} = \left.\frac{\partial v_1}{\partial y}\right|_{x=a_1}, \qquad v_{2x} = \left.\frac{\partial v_2}{\partial x}\right|_{y=a_2}.$$

L'équation (13) conduit, en y faisant $s_1 \to 0$ et $s_2 \to 0$, à celle qui généralise les *équations de programmation dynamique de M. Bellman* [(8), (9)].

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) D. MANGERON, *Atti Accad. Naz. dei Lincei, Rend.*, Cl. sc. fis., mat. e nat., 6e série, 16, 1932, p. 305.

(2) D. MANGERON, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 94, 544 et 1022.

(3) D. MANGERON, *Bull. Inst. Polytechn. Jassy*, 3, 1948, p. 153.

(4) YU M. BÉRÉZANSKI, *Doklady Akad. Nauk S. S. S. R.*, 122, n° 6, 1958, p. 959.

(5) D. MANGERON et L. E. KRIVOCHÉINE, *Rend. Accad. Sc. fis., mat., Napoli*, 4e série, 28, 1961, p. 213.

(6) M. PICONE, *Ann. Sc. Univ.*, Jassy, Section I (Math., Phys., Chimie), 26, n° 1, 1940, p. 183.

(7) D. MANGERON, *Bull. Inst. Polytechn.*, Jassy-Iași, nouv. série, 8 (12), fasc. 1-2, 1962 (sous presse).

(8) R. BELLMAN, *Dynamic Programming*, A. Rand Corporation Research Study, Princeton University Press, 1957, chap. IX.

(9) R. BELLMAN, *Adaptive Control Processes, A Guided Tour*, A. Rand Corporation Research Study, Princeton University Press, 1961, chap. VII.

(10) Nous devons cette remarque à M. Louis de Broglie.

(Allée Grigore Ghica, 25, Jassy, Roumanie.)

ANALYSE FONCTIONNELLE. — *Fonctions convexes duales et points proximaux dans un espace hilbertien.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Jean Leray.

f étant une fonction numérique (finie ou non) convexe et semi-continue inférieurement sur un espace hilbertien réel H, pour tout $z \in H$, la fonction

$$u \to \| u - z \|^2 + 2f(u)$$

atteint un minimum strict en un point noté $\text{prox}_f z$. Soit $g(y) = \sup_{u \in H} [(u \mid y) - f(u)]$ *la fonction convexe duale* de f. On montre que $z = \text{prox}_f z + \text{prox}_g z$ et l'on donne une caractérisation simple de cette décomposition.

Soit H un espace hilbertien réel; soit f une fonction définie sur H, à valeurs dans $]-\infty, +\infty]$, *convexe et semi-continue inférieurement* (cette semi-continuité signifiant que, pour tout k, l'ensemble *convexe* $\{ x \in H / f(x) \leq k \}$ est fermé, il est indifférent de considérer sur H la topologie forte ou la topologie faible). On suppose que f n'est pas partout égale à $+\infty$.

Quel que soit $z \in H$, la fonction $\Phi(u) = \| u - z \|^2 + 2f(u)$ atteint un minimum strict en un point que nous noterons $\text{prox}_f z$: *point proximal* de z relativement à f. L'existence de ce minimum (strict car Φ est strictement convexe) résulte de la possibilité de minorer f par une fonction affine continue ([1]) : cela permet de construire une boule fermée B et un point $b \in B$ tels que $\Phi(u) > \Phi(b)$ pour tout $u \notin B$. Comme B est faiblement compacte et Φ semi-continue inférieurement, cette fonction possède un minimum sur B, qui est aussi son minimum sur H.

Exemple. — Soit P un ensemble convexe fermé non vide dans H; la fonction

$$f(x) = \begin{cases} 0 & \text{si } x \in P, \\ +\infty & \text{si } x \notin P \end{cases}$$

ou *fonction indicatrice* de l'ensemble P, est convexe et semi-continue inférieurement. Alors, pour tout $z \in H$, le point $\text{prox}_f z$ n'est autre que la *projection* de z sur le convexe fermé P.

Soit g la *fonction convexe duale* ([2]) de f :

$$g(y) = \sup_{u \in H} [(u \mid y) - f(u)],$$

g est, comme f, une fonction convexe semi-continue inférieurement de H (fort ou faible) dans $]-\infty, +\infty]$. *Il y a d'ailleurs réciprocité entre f et g* ([1]).

Proposition. — *Si f et g sont deux fonctions convexes duales sur l'espace hilbertien réel* H *et* x, y, z *trois éléments de* H, *les propriétés* (I) *et* (II) *suivantes sont équivalentes :*

(I) $\qquad z = x + y, \qquad f(x) + g(y) = (x \mid y);$

(II) $\qquad x = \text{prox}_f z, \qquad y = \text{prox}_g z.$

Démonstration. — 1° Soient x, y, z possédant la propriété (I) [cela implique $f(x) \neq +\infty$]. Il résulte de la définition de g que, pour tout $u \in H$:

$$g(y) \geqq (u \mid y) - f(u),$$

donc

$$(x \mid y) - f(x) \geqq (u \mid y) - f(u).$$

On écrit alors

$$\begin{aligned}\Phi(u) - \Phi(x) &= \| u - x - y \|^2 + 2f(u) - \| y \|^2 - 2f(x)\\ &\geqq \| u - x - y \|^2 - \| y \|^2 + 2(u \mid y) - 2(x \mid y),\end{aligned}$$

c'est-à-dire $\| x - u \|^2$, qui est $\geqq 0$; donc $x = \text{prox}_f z$. Raisonnement semblable pour y, lequel est donc égal à $\text{prox}_g z$.

2° Réciproquement, soit $z \in H$, $x = \text{prox}_f z$ [cela implique $f(x) \neq +\infty$] et $y' = z - x$. Pour tout $u \in H$ et tout $\lambda \in]0, 1[$, la convexité de f donne

$$f[\lambda u + (1-\lambda) x] \leqq \lambda f(u) + (1-\lambda) f(x)$$

et, comme la fonction Φ est minimum au point x :

$$\| \lambda u + (1-\lambda) x - z \|^2 + 2f[\lambda u + (1-\lambda) x] \geqq \| x - z \|^2 + 2f(x).$$

En rapprochant ces deux inégalités, on obtient

$$\frac{1}{2} \| y' \|^2 - \frac{1}{2} \| \lambda(u - x) - y' \|^2 + f(x) \leqq \lambda f(u) + (1-\lambda) f(x)$$

ou, toutes réductions faites :

$$(u \mid y') - f(u) - (x \mid y') + f(x) \leqq \frac{1}{2} \lambda \| u - x \|^2.$$

Comme λ peut être arbitrairement voisin de zéro, il en résulte

$$(x \mid y') - f(x) = \sup_{u \in H} [(u \mid y') - f(u)] = g(y').$$

Donc x, y' et z possèdent la propriété (I); le 1° implique alors que $y' = \text{prox}_g z$, ce qui achève la démonstration.

Exemple. — Soit P un cône convexe fermé (de sommet O), f sa fonction indicatrice; la fonction duale de f est la fonction indicatrice g du cône convexe fermé Q, *cône polaire* de P. La propriété (I) implique que $f(x)$ et $g(y)$ sont finis, donc que $x \in P$, $y \in Q$ et, par suite, que $(x \mid y) = 0$. On retrouve ainsi un résultat publié précédemment [3] :

Tout $z \in H$ se décompose de manière unique en somme de deux termes $x \in P$ et $y \in Q$ *orthogonaux*; x et y sont respectivement, les projections de z sur P et Q.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

[1] Pour la démonstration de ces points, *voir* J.-J. Moreau, *Fonctions convexes en dualité*, Faculté des Sciences de Montpellier, Séminaires de Mathématiques, 1962 (multigraphié).

(2) L'idée d'associer de cette manière deux fonctions convexes se trouve déjà, pour $H=R$, dans : S. Mandelbrojt, *Comptes rendus*, 209, 1939, p. 977 et pour $H = R^n$ dans : W. Fenchel, *Canad. J. Math.*, 1, 1949, p. 73-77. Dans la théorie de la *programmation non linéaire*, on considère, sur R^n également, des *fonctions concaves conjuguées*, de définition analogue (*cf.* C. Berge et A. Ghouila-Houri, *Programmes, jeux et réseaux de transport*, Dunod, Paris, 1962, chap. 5).

(3) *Cf.* J.-J. Moreau, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 238, où l'on trouvera un exemple fonctionnel emprunté à l'hydrodynamique. La présente théorie est également destinée à la résolution de problèmes de mécanique des milieux continus.

(*Faculté des Sciences, Montpellier.*)

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Distributions de déviations maximales bilatérales entre deux échantillons indépendants de même loi continue.* Note (*) de M. **Michel Depaix**, présentée par M. Maurice Fréchet.

On donne l'expression de la fonction génératrice des probabilités dans une chaîne de Markov discrète, homogène, à deux barrières absorbantes, et une application à l'étude de la comparaison des fonctions de répartition de deux échantillons indépendants de même loi continue.

1. *Étude d'une chaîne de Markov discrète, homogène.* — L'espace des états est l'ensemble des entiers :

$$\{-b-\mu, \ldots, -1, 0, 1, \ldots, a+\nu\};$$

a, b, μ et ν étant des entiers positifs fixés. Une chaîne de Markov est définie par :

une distribution initiale :

$$\Pr[X=i]=0 \quad \text{si } i\neq 0,$$
$$\Pr[X=0]=1;$$

des probabilités de passage :

$$p_{i,\,i+\mu}=p,$$
$$p_{i,\,i-\nu}=1-p=q,$$
$$p_{a+l,\,a+l}=1 \qquad (l=1, 2, \ldots, \nu),$$
$$p_{-b-k,\,-b-k}=1 \qquad (k=1, 2, \ldots, \mu).$$

On introduit deux constantes σ et θ par $p=\sigma\theta^{\mu}$, $q=\sigma\theta^{-\nu}$ et l'on désigne par $F(s, x)=\sum_{t=0}^{\infty} s^t p_{0,x}^{(t)}$ la fonction génératrice des probabilités $p_{0,x}^{(t)}$.

Théorème. — r_i désignant une des $\mu+\nu$ racines distinctes de l'équation

$$r^{\mu+\nu}-\frac{1}{\sigma s}r^{\mu}+1=0$$

et E_i désignant l'expression

$$E_i=\prod_{j=1,\,j\neq i}^{j=\mu+\nu}(r_i-r_j),$$

$F(s, x)$ est donné par

$$F(s, x)=\frac{\theta^x}{\sigma s}\sum_{i=1}^{i=\mu+\nu}\left\{\frac{1}{2}\left(1-\frac{x}{|x|}\right)\frac{r_i^{x-\mu-1}}{E_i}-A_i r_i^{x+\mu+b}\right\},$$

$$A_l=\frac{\displaystyle\sum_l(-1)^k\left(\prod_{q=1}^{q=\nu}r_{j_q}\right)^{a+b+\mu+1}V_\nu(r_{j_q})\sum_{i=1}^{i=\mu+\nu}r_i^{-b-1}E_i^{-1}V_\mu(r_{k_1}, \ldots, r_{k_{p-1}}, r_i, \ldots, r_{k_\mu})}{\displaystyle\sum(-1)^k\left(\prod_{q=1}^{q=\nu}r_{j_q}\right)^{a+b+\mu+1}V_\nu(r_{j_q})V_\mu(r_{k_l})}.$$

$\sum$ porte sur toutes les partitions de $(1, 2, \ldots, \mu + \nu)$ en deux ensembles ordonnés d'indices (k_l) et (j_η) comportant respectivement μ et ν termes, K étant le nombre d'inversions entre ces deux ensembles.

$\sum_i$ est une sommation du type précédent, mais où l'ensemble (k_l) comporte nécessairement le nombre i :

(k_l) est du type $(k_1, \ldots, k_{p-1}, i, k_{p+1}, \ldots, k_\mu)$.

$V_\mu(r_{k_l})$ est le déterminant de Vandermonde d'ordre μ portant sur les variables r_{k_l}, $l = 1, 2, \ldots, \mu$.

On convient $x/|x| = 1$ lorsque $x = 0$.

Corollaire. — *La probabilité $p_{0,x}^{(l)}$ est donnée par*

$$p_{0,x}^{(l)} = \frac{1}{2\pi i}\int_{|s|=R} F(s, x)\frac{ds}{s^{l+1}},$$

l'intégrale étant prise dans le plan de la variable complexe s sur le cercle $|s| = R$, R étant inférieur au module du pôle de $F(s, x)$ de plus petit module (non nul). En particulier :

$$p_{0,0}^{(l)} = -\frac{1}{2\pi i}\frac{1}{\sigma}\int_{|s|=R}\left(\sum_{l=1}^{\mu+\nu} A_l r_l^{a+b+\mu}\right)\frac{ds}{s^{l+2}}.$$

Dans le cas où $\mu = 1$, l'expression ci-dessus peut être affranchie de l'équation en r, formellement, en utilisant le lemme :

Lemme. — *r_i désignant une des $\nu + 1$ racines distinctes de l'équation $r^{\nu+1} - (1/\sigma s)\, r + 1 = 0$ l'expression $\sum_{i=1}^{\nu+1} r_i^{\alpha} E_i^{-1}$ (α entier positif) s'écrit :*

$$\sum_{i=1}^{\nu+1} r_i^{-\alpha} E_i^{-1} = -\frac{1}{(\sigma s)^{\alpha-1}}\left\{1 + \sum_{k=1}^{\left[\frac{\alpha-1}{\nu+1}\right]} (-1)^k (\sigma s)^{k(\nu+1)} C_k(\alpha)\right\} = -\frac{1}{(\sigma s)^{\alpha-1}} P_{\nu,\alpha}(s),$$

où

$$C_k(\alpha) = \frac{1}{k(\nu+1)}\left(\frac{\nu}{\nu+1}\right)^{\alpha-1-k(\nu+1)} \sum_{\lambda=0}^{\lambda=\alpha-1-k(\nu+1)} [k(\nu+1)+\lambda]\left(\frac{\nu+1}{\nu}\right)^{\lambda}\binom{\lambda+k-1}{\lambda}.$$

La notation $[u]$ désigne la partie entière de u (conventionnellement $u = [u] + \varepsilon$, $\varepsilon \geqq 0$ quel que soit u positif ou négatif).

Alors dans le cas $\mu = 1$:

$$p_{0,0}^{(l)} = \frac{1}{2\pi i}\int_{|s|=R}\frac{P_{\nu,b+1}(s)\, P_{\nu,a+1}(s)}{P_{\nu,a+b+2}(s)}\frac{ds}{s^{l+1}}.$$

2. *Distributions de déviations maximales bilatérales entre deux échantillons indépendants de même loi continue.* — Deux échantillons $(x_1, x_2, \ldots, x_n)$ et $(y_1, y_2, \ldots, y_m)$ sont extraits d'une même population dont la loi de probabilité est continue.

$F_n(x)$ et $F_m(x)$ étant les fonctions de répartition de chaque échantillon, on s'intéresse à la quantité

$$\sigma_N = \sqrt{\frac{mn}{m+n}} \operatorname{Sup}_x | F_n(x) - F_m(x) |.$$

Kolmogorov et Smirnov ont donné la loi de probabilité limite de σ_N lorsque m et n tendent vers l'infini (m/n tendant vers une valeur finie). Korolyuk [1] a donné une expression assez compliquée de la probabilité $\Pr[\sigma_N < z]$ lorsque $n = \nu m$ (ν entier). L'étude précédente permet de donner une expression de $\Pr[\sigma_N < z]$ qui se simplifie dans le cas $n = \nu m$.

On a en effet, en posant $m/n = \mu/\nu$, μ et ν premiers entre eux, et en conservant les notations de la première partie (avec $\rho/q = \nu/\mu$) :

$$\Pr[\sigma_N < z] = \frac{p_{0,0}^{(m+n)} (\mu + \nu)^{m+n}}{\mu^m \nu^n \binom{m+n}{n}}.$$

Corollaire 1. — *Dans le cas général,*

$$\Pr[\sigma_N < z] = \text{terme en } s^{m+n} \text{ de } -\frac{1}{\sigma s} \frac{(\mu + \nu)^{m+n}}{\mu^m \nu^n} \frac{1}{\binom{m+n}{n}} \sum_{l=1}^{m+n} A_l r_l^{l+\mu},$$

où

$$l + 1 = -[-z\sqrt{Nmn}].$$

Corollaire 2. — *Dans le cas* $n = \nu m$ *(ν entier),*

$$\Pr[\sigma_N < z] = \text{terme en } s^{m+n} \text{ de } \frac{(1+\nu)^{m+n}}{\nu^n} \frac{1}{\binom{m+n}{n}} \frac{\left\{ 1 + \sum_{k=1}^{k=\left[\frac{l}{\nu+1}\right]} (-1)^k (\sigma s)^{k(\nu+1)} C_k (l+1) \right\}^2}{1 + \sum_{k=1}^{k=\left[\frac{2l+1}{\nu+1}\right]} (-1)^k (\sigma s)^{k(\nu+1)} C_k (2l+2)}.$$

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) Korolyuk, *Izv. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 1955, p. 81-96; *Teoriya Veroyatnostei i ee Primeneniya*, vol. IV, n° 4, 1959.

STATISTIQUE MATHÉMATIQUE. — *Deux théorèmes utiles pour l'étude de la régression et de la corrélation d'une variable aléatoire par rapport à une fonction aléatoire.* Note (*) de M. **Jean Legoupil**, présentée par M. Maurice Fréchet.

Théorème I. — *Si* $\mathcal{E}$ *est un espace vectoriel de fonctions définies sur* T, *si* Y *est une variable aléatoire ayant un moment du deuxième ordre, si* X (*t*) *est une fonction aléatoire ayant un moment du deuxième ordre et telle que* $\int_T \rho(t)\,X(t)\,dt$ *existe en un certain sens* S *et a un moment du deuxième ordre quel que soit* $\rho(t) \in \mathcal{E}$, *si les intégrales*

$$\int_T \rho(t)\,E[(X t)]\,dt, \iint_{T\times T} \rho(t)\zeta(t')\,E[X(t)X(t')]\,dt\,dt' \quad \text{et} \quad \int_T \rho(t)\,E[YX(t)]\,dt$$

existent quels que soient $\rho(t)$ *et* $\zeta(t) \in \mathcal{E}$ *et sont respectivement égales à*

$$E\left[\int_T \rho(t)X(t)\,dt\right], \quad E\left[\left(\int_T \rho(t)X(t)\,dt\right)\left(\int_T \zeta(t)X(t)\,dt\right)\right]$$

et

$$E\left[Y\left(\int_T \rho(t)X(t)\,dt\right)\right]$$

la condition nécessaire et suffisante pour que a_0 *et* $\rho(t)$ *vérifient*

$$E\left[Y - a_0 - \int_T \rho(t)X(t)\,dt\right]^2 = B(\mathcal{E})$$

$\Big[$B$(\mathcal{E})$ *étant la borne inférieure de* $E\left[Y - a_0 - \int_T \rho(t)\,X(t)\,dt\right]^2$ *pour tous les* a_0 *et tous les* $\rho(t) \in \mathcal{E}\Big]$ *est que* a_0 *et* $\rho(t)$ *soient solution du système*

$$a_0 = E(Y) - \int_T \rho(t)\,E[X(t)]\,dt,$$

$$\int_T \left[\int_T E[X(t)X(t')]\rho(t)\,dt - E[YX(t')] + a_0 E[X(t')]\right]\zeta(t')\,dt' = 0$$

quel que soit $\zeta(t') \in \mathcal{E}$.

Si $\mathcal{E}$ *est un espace vectoriel* $\mathcal{E}_L$ *à* L *dimensions de base* $\rho_1(t), \rho_2(t), \ldots, \rho_L(t)$, *en appelant* $a_1, a_2, \ldots, a_L$ *les coordonnées de* $\rho(t)$, *le système d'équations (qui dans le cas général se ramène à une équation algébrique et une équation intégrale) devient*

$$a_0 + \sum_{l=1}^{L} a_l \int_T \rho_l(t)\,E[X(t)]\,dt = E(Y),$$

$$a_0 \int_T \rho_{l'}(t)\,E[X(t)]\,dt + \sum_{l=1}^{L} a_l \iint_{T\times T} \rho_l(t)\,\rho_{l'}(t')\,E[X(t)X(t')]\,dt\,dt' = \int_T \rho_{l'}(t)\,E[YX(t)]\,dt,$$

$$\text{avec} \quad l' = 1, 2, \ldots, L.$$

S'il n'existe pas de fonction certaine $u(t)$ ($\neq 0$) appartenant à $\mathcal{E}_1$ telle qu'il y ait une probabilité égale à 1 pour que $\int_T u(t)\,X(t)\,dt = k$, ce système d'équations admet une solution unique.

Si la suite $\rho_1(t), \ldots, \rho_l(t), \ldots$ forment un système complet base de $L_2(t)$ la borne inférieure de

$$E\left[Y - a_0 - \int_T \sum_{l=1}^{L} a_l \rho_l(t)\,X(t)\,dt\right]^2$$

tend quand $L \to +\infty$ vers B [cf. ([1]), th. II] et $a_0 + \int_T \sum_{l=1}^{L} a_l\,\rho_l(t)\,X(t)\,dt$ converge en moyenne quadratique vers Y [cf. ([1])] (les a ayant ici pour valeur la solution du système d'équations donné plus haut).

[Nous supposons pour cette dernière partie que les hypothèses du théorème II, de ([1]), qui ont permis la définition de Y et de B sont vérifiées.]

Ce théorème est fondamental pour l'estimation de la régression en statistique.

THÉORÈME II. — *Si les hypothèses du théorème I sont vérifiées [avec $E(Y^2) \neq 0$] si de plus*

$$\int_T \zeta(t) E[[Y - E(Y)][X(t) - E(X(t))]]\,dt$$

n'est pas nul quel que soit $\zeta(t) \in \mathcal{E}$, la condition nécessaire et suffisante pour que le coefficient de corrélation de Y et de $\int_T \rho(t)\,X(t)\,dt$ soit égal à sa borne supérieure pour tous les $\rho(t) \in \mathcal{E}$ est que $\rho(t)$ soit égale, à une constante positive multiplicative près, à une solution de l'équation intégrale

$$\int_T \left[\int_T \Gamma(t, t')\,\rho(t)\,dt - \varphi(t')\right] \zeta(t')\,dt' = 0,$$

où

$$\Gamma(t, t') = E[(X(t) - E(X(t)))\,(X(t') - E(X(t')))]$$

et

$$\varphi(t') = E[[Y - E(Y)][X(t') - E(X(t'))]]$$

quel que soit $\zeta(t') \in \mathcal{E}$.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) J. LEGOUPIL, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 621.

N. B. — Les signes | | qui figurent dans cette Note doivent être remplacés par [ ].

([2]) J. LEGOUPIL, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 634.

N. B. — Dans le théorème I 4° de cette Note, remplacer $E(Y^2)$ par $E[Y - E(Y)]^2$.

HYDRAULIQUE. — *Remarques sur l'instabilité rencontrée dans l'intégration numérique de certains systèmes différentiels liés à des problèmes d'hydraulique.* Note (*) de M. **Claude Thirriot**, transmise par M. Léopold Escande.

Dans de nombreux problèmes d'hydraulique (remplissage ou vidange de réservoirs, oscillations dans cheminées différentielles), l'étude des variations de niveau peut conduire à l'intégration numérique d'une équation du type

$$\frac{dh}{dt} + \varepsilon\alpha\sqrt{|h|} = f(t, q), \tag{1}$$

où ε est du signe de h et $f(t, q)$ est une fonction pouvant dépendre de plusieurs variables mais non de h.

Bien souvent cette équation fait partie d'un système différentiel dans lequel elle n'apparaît pas sous la forme explicite mentionnée ci-dessus.

Dans le cas particulier de l'annulation de $f(t)$ au voisinage de $h = 0$, l'intégrale est de la forme

$$\sqrt{h_0} - \sqrt{h} = \frac{\alpha}{2}(t - t_0). \tag{2}$$

Dans l'intégration numérique, l'emploi d'un processus discret ne permet généralement pas d'atteindre la valeur $h = 0$ sans oscillations. Par exemple, la figure 1 met en évidence le saut de la valeur $h = 0$ par utilisation de la méthode de la tangente. Si ces oscillations sont d'amplitude relativement faibles, elles pourront être tolérées.

Soit h_0 une valeur initiale. La valeur suivante h_1 est donnée par l'expression

$$h_1 = h_0 - \varepsilon\alpha\sqrt{h_0}\,\Delta t, \qquad \varepsilon = \frac{h_0}{|h_0|}, \tag{3}$$

h_1 sera de signe contraire à h_0 si $|h_0| < (\alpha\,\Delta t)^2$.

L'expression (3) montre que h_1 est maximal si

$$|h_0| = \left(\frac{\alpha\,\Delta t}{2}\right)^2, \tag{4}$$

la valeur extrême de $|h_1|$ étant alors

$$|h_{1M}| = \left(\frac{\alpha\,\Delta t}{2}\right)^2.$$

La relation (4) constitue un critère de détermination du pas pour maintenir l'oscillation à un niveau tolérable.

Le changement de variable $h = x^n$ conduit à la valeur suivante de l'oscillation maximale :

$$\frac{h_1}{\left(\frac{\alpha\,\Delta t}{2}\right)^2} = \left|\frac{1-\frac{n}{2}}{\frac{n}{2}}\right|^{2\left(1-\frac{n}{2}\right)}.$$

Cette valeur présente un minimum proche de 0,575 pour des valeurs de n voisines de $3/2$.

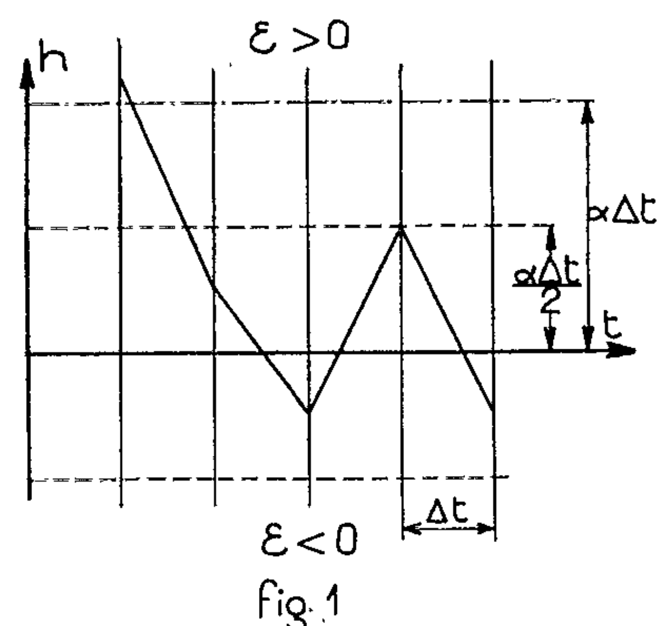


Fig. 1

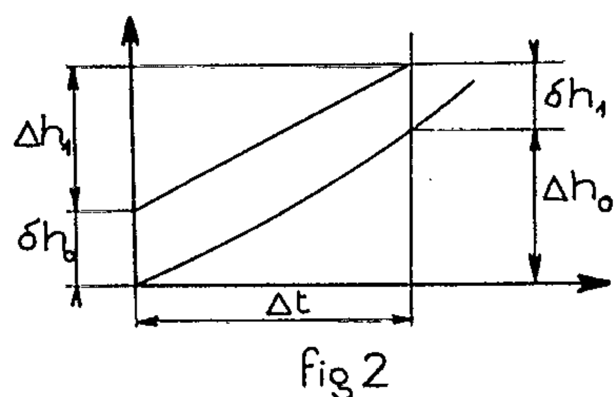


Fig 2

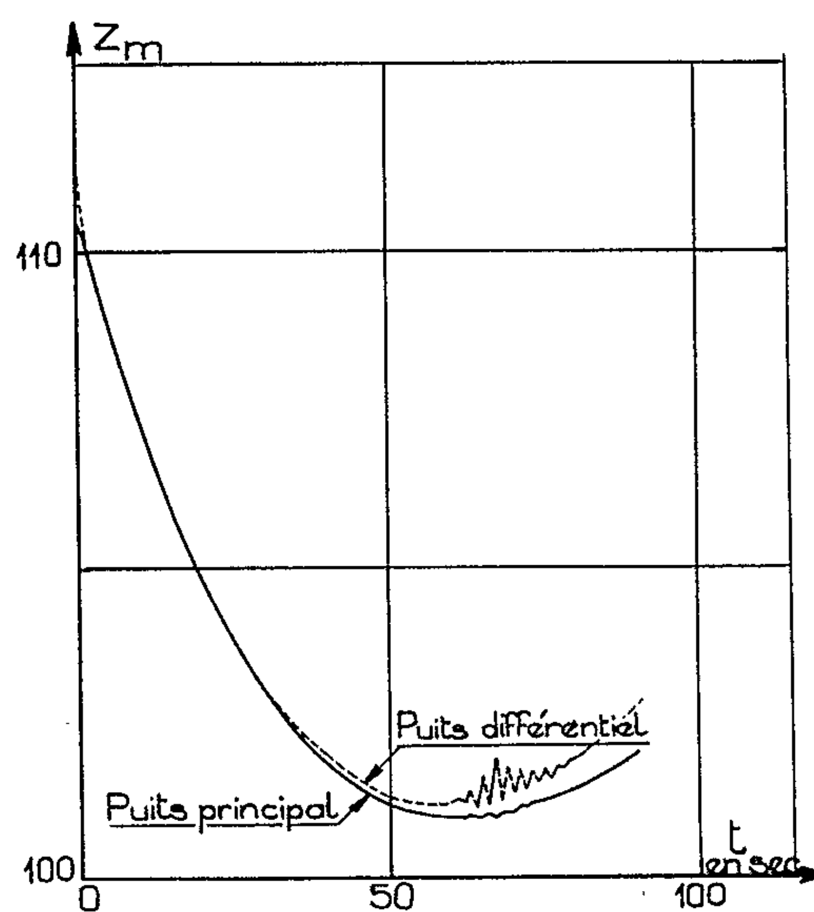


Fig. 3

Bien entendu, la prévision de tests convenables placés dans le programme peut éviter la génération de l'oscillation en déclenchant une interpolation au moment du changement de signe de h. Le moment de l'annulation de h peut être obtenue à partir de la relation (2), mais souvent il est plus rapide d'ajuster le pas que de modifier le programme après une étude des singularités du système différentiel.

Que se passe-t-il lorsqu'il existe un second membre ? Supposons que h soit différent de la valeur vraie h_0 (*fig.* 2), tel que

$$h_0 = h_0 + \delta h_0,$$

$$\Delta h_0 = \left(\frac{dh}{dt}\right)_{h_0} \Delta t \qquad \text{et} \qquad \Delta h = \left(\frac{dh}{dt}\right)_{h} \Delta t.$$

L'équation (1) peut s'écrire

$$\frac{dh}{dt} = f(t) - g(h).$$

Suivant un développement limité :

$$\left(\frac{dh}{dt}\right)_h = \left(\frac{dh}{dt}\right)_{h_0} - \left(\frac{dg}{dh}\right)\delta h.$$

Si nous nous limitons au premier ordre, le nouvel écart δh_1, d'avec la valeur vraie h_1 sera

$$\delta h_1 = \Delta h - \Delta h_0 + \delta h_0.$$

Soit

$$(5) \qquad \delta h_1 = -\delta h_0 [g'_h(h)\,\Delta t - 1].$$

Il y aura donc amplification de l'écart si

$$(6) \qquad |g'_h(h)\,\Delta t - 1| > 1 \qquad \text{soit} \quad \sqrt{h_0} < \frac{\alpha\,\Delta t}{4}, \qquad h_0 < \left(\frac{\alpha\,\Delta t}{4}\right)^2.$$

L'intervalle d'oscillation autour de la valeur vraie serait donc au maximum de $\pm(\alpha\,\Delta t/4)^2$.

Ces résultats établis pour la méthode de la tangente sont valables pour des méthodes d'intégration d'ordre supérieur. En effet, dans les formules de type Runge-Kutta, le formalisme fait toujours intervenir des expressions $\Delta h = (dh/dt)\,\Delta t_1$ (Δt_1 représentant une fraction ou la totalité du pas).

Les essais numériques que nous avons effectués en utilisant la formule de Heun (formule du type Runge-Kutta donnant une erreur en Δt^3) confirment bien les valeurs ci-dessus (*fig.* 3).

Le phénomène d'instabilité peut se rencontrer dans d'autres problèmes d'hydraulique (près d'un maximum ou d'un régime asymptotique). Ainsi, la présence de déversoir conduit à des équations de la forme

$$\frac{dh}{dt} + \alpha h^{\frac{3}{2}} = f_1(t).$$

La relation (6) donne alors comme condition de stabilité $h < [(4/3)(1/\alpha\Delta t)]^2$.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(*Laboratoires d'Hydraulique de l'Université de Toulouse.*)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Théorie des résonances isobariques considérées comme états excités internes du modèle du rotateur relativiste des particules élémentaires.* Note (*) de MM. **Pierre Hillion** et **Jean-Pierre Vigier**, présentée par M. Louis de Broglie.

Complétée par la notion d'isobare la théorie des résonances esquissée dans une Note précédente [1] permet d'analyser leurs modes de décomposition possible.

La définition des états excités du rotateur par les fonctions propres quantiques internes n'est pas univoque car on peut obtenir ces fonctions par différents procédés mathématiques qui ne sont pas nécessairement physiquement équivalents.

Appelons en effet isobares de première espèce deux fonctions $Z_{p_*}(\omega^*)$ et $Z_p(\omega^*)$ deux polynomes Z réductibles l'un à l'autre par des relations de trigonométrie.

On rappelle que :

$$(1)\quad Z_{l^+,\, l^-,\, s'}^{m^+,\, m^-,\, m'}(\omega^+, \omega^-) = \sum_{-m'^+,\, -m'^-} (l^+, l^-, s', -m' \,|\, l^+, l^-, -m'^+, -m'^-)\, Y_{l^+}^{m^+,\, m'^+}(\omega^+)\, Y_{l^-}^{m^-,\, m'^-}(\omega^-),$$

où $(l^+, l^-, s', -m' \,|\, l^+, l^-, -m'^+, -m'^-)$ sont les paramètres de Clebsch-Gordan.

La définition précédente se justifie par les remarques suivantes :

a. Les polynomes $Y_l^{m,\, m'}(\omega)$ satisfont à des relations élémentaires :

$$(2)\quad Y_{\frac{1}{2}}^{\prime m,\, m'}(\omega) = (-1)^{m-m'}\Big(Y_{\frac{1}{2}}^{m,\, m'}(\omega)\, Y_1^{0,\, 0}(\omega) - \sqrt{2}\, Y_{\frac{1}{2}}^{-m,\, m'}(\omega)\, Y_1^{\varepsilon,\, 0}(\omega)\Big),$$

où $\varepsilon = \pm 1$ est tel que $\varepsilon m > 0$ et

$$(3)\quad Y_0^{0,\, 0}(\omega) \equiv 1 = Y_{\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2},\, \frac{1}{2}}(\omega)\, Y_{\frac{1}{2}}^{-\frac{1}{2},\, -\frac{1}{2}}(\omega) - Y_{\frac{1}{2}}^{\frac{1}{2},\, -\frac{1}{2}}(\omega)\, Y_{\frac{1}{2}}^{-\frac{1}{2},\, \frac{1}{2}}(\omega).$$

Pour les seconds membres de (2) et (3) on utilise les notations :

$$(4)\quad Y_{\frac{1}{2}}^{\underline{m},\, m'}(\omega) \quad \text{et} \quad Y_0^{\underline{0},\, \underline{0}}(\omega).$$

1. Les propriétés précédentes se transposent aux polynomes $Z(\omega^*)$ mais dans l'espace vectoriel $\mathcal{H}(R_3^c)$ les relations (2) et (3) s'expriment comme un produit extérieur des vecteurs de $\mathcal{H}(R_3^c)$ et constituent l'application de la théorie de la fusion [2] de de Broglie [à laquelle la relation (4) est empruntée] à l'isoespace. Ainsi physiquement il y a lieu de distinguer dans $\mathcal{H}(R_3^c)$ un scalaire sous $S - R_3$ d'un tenseur antisymétrique sous $S - R_3$.

Exemple. — Au vide on peut associer le polynome $Z^{0,0,0}_{0,0,0}(\omega^\star) = 1$, alors

$$(5)\qquad Z^{0,0,0}_{0,0,0}(\omega^\star) = Z^{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}_{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}(\omega^\star)\, Z^{-\frac{1}{2},0,-\frac{1}{2}}_{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}(\omega^\star) - Z^{\frac{1}{2},0,-\frac{1}{2}}_{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}(\omega^\star)\, Z^{-\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}_{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}(\omega^\star)$$

qui pourrait être le méson χ dont l'existence a été postulée par Gell-Mann ([3]) peut être considéré comme l'analogue de la polarisation du vide des théories usuelles.

De la même façon, si :

$$(6)\qquad Z^{0,0,0}_{0,0,0}(\omega^\star) = \left(Z^{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}_{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}(\omega^\star)\, Z^{-\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}_{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}(\omega^\star) - Z^{\frac{1}{2},0,-\frac{1}{2}}_{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}(\omega^\star)\, Z^{-\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}_{\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}}(\omega^\star)\right)$$
$$\times\left(Z^{0,\frac{1}{2},\frac{1}{2}}_{0,\frac{1}{2},\frac{1}{2}}(\omega^\star)\, Z^{0,-\frac{1}{2},-\frac{1}{2}}_{0,\frac{1}{2},\frac{1}{2}}(\omega^\star) - Z^{0,-\frac{1}{2},\frac{1}{2}}_{0,\frac{1}{2},\frac{1}{2}}(\omega^\star)\, Z^{0,\frac{1}{2},-\frac{1}{2}}_{0,\frac{1}{2},\frac{1}{2}}(\omega^\star)\right),$$

on peut alors montrer que :

$$(7)\quad Z^{0,0,0}_{0,0,0}(\omega^\star) = Z^{\frac{1}{2},-\frac{1}{2},0}_{\frac{1}{2},\frac{1}{2},0}(\omega^\star)\, Z^{-\frac{1}{2},\frac{1}{2},0}_{\frac{1}{2},\frac{1}{2},0}(\omega^\star) - Z^{\frac{1}{2},\frac{1}{2},0}_{\frac{1}{2},\frac{1}{2},0}(\omega^\star)\, Z^{-\frac{1}{2},\frac{1}{2},0}_{\frac{1}{2},\frac{1}{2},0}(\omega^\star) = Z_{K^0} Z_{\tilde{K}^0} - Z_{K^+} Z_{K^-},$$

ainsi $Z^{0,0,0}_{0,0,0}(\omega^\star)$ pourrait être associé à la résonance ([4]) de 1 020 MeV/c ($T = 0$, $S = 0$) dans le système $K - \tilde{K}$.

2. $Z_{p_\star}(\omega^\star)$ sera dit (par définition) isobare de seconde espèce de $Z_p(\omega^\star)$ si $Z_{p_\star}(\omega^\star)$ et $Z_p(\omega^\star)$ ne diffèrent que par la valeur du nombre s'; avec $s' = (l^+ + l^-), \ldots, |l^+ - l^-|$.

Dans nos travaux antérieurs on a toujours considéré les particules où $s' = |l^+ - l^-|$, on considère donc ici les polynomes pour lesquels s' prend des valeurs différentes, ce qui n'est d'ailleurs possible que pour les mésons K et les baryons.

On pourrait par exemple associer $Z_{K^\star}(\omega^\star) = Z^{m+,m-,0}_{1/2,1/2,1}(\omega^\star)$ à la résonance $K^\star$ ([5]), 880 MeV, $T = 1/2$, J entier. On montre alors que

$$(8)\qquad \begin{cases} Z^\star_{K^+}(\omega^\star) = \sqrt{2}\, Z_{\Pi^+} Z_{K^0} - Z_{\Pi^0} Z_{K^+}, \\ Z^\star_{K^0} = Z_{\Pi^0} Z_{K^0} - \sqrt{2}\, Z_{\Pi^-} Z_{K^-}, \end{cases}$$

et des relations similaires pour $Z^\star_{K^-}(\omega^\star)$ et $Z^\star_{\bar{K}^+}(\omega^\star)$, de sorte qu'on obtient le rapport de branchement :

$$r = \frac{\Gamma(K^- \to K^- + \Pi^0)}{\Gamma(K^- \to \bar{K}^0 + \Pi^-)} = \frac{1}{2},$$

en bon accord avec les résultats expérimentaux ([6]) (0,75 ± 0,35).

De la même façon on peut associer $Z^{m+,-1/2,-1/2}_{1,1/2,3/2}(\omega^\star)$ à la résonance ([7]) $Y^\star_1 = 1\ 380$ MeV, $T = 1$, $S = 1$, $J = 3/2$ (?).

Ces exemples ne sont pas limitatifs et une étude détaillée des résonances actuellement connues paraîtra ultérieurement. Manifestement leur classification dépendra du choix fait pour les particules fondamentales.

Il variera suivant qu'on part [comme l'a fait M. Halbwachs ([8])] de l'hypothèse de Yukawa ([9]) suivant laquelle les représentations D (l^+, l^-) les plus basses , soit D (1/2, 0) et D (1, 0) contiennent quatre baryons p, n, Λ et V^+ (T = 0, S = 1, B = 1) ou si l'on fait l'hypothèse initiale proposée dans l'article à paraître dans la *Physical Review*.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) P. HILLION et J.-P. VIGIER, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2566.

(2) L. DE BROGLIE, *Introduction à une nouvelle théorie des particules*, Gauthier-Villars, Paris, 1961.

(3) H. GELL-MANN, *Phys. Rev.*, 125, 1962, p. 1067.

(4) L. BERTANZA et coll., *Phys. Rev. Lett.*, 9, 1962, p. 180.

(5) M. ALSTON et coll., *Phys. Rev. Lett.*, 6, 1961, p. 300.

(6) S. W. MAC DOMCEL, S. L. L. VISCIRA et N. ZAGURY, *Phys. Rev.*, 126, 1962, p. 878.

(7) M. ALSTON et coll., *Phys. Rev. Lett.*, 5, 1960, p. 570.

(8) F. HALBWACHS, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2724.

(9) R. KATAYAMA, S. KATSUMOR, J. P. VIGIER et H. YUKAWA, *Prog. of Th. Physics* (en cours de publication)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *La séparation des membres du doublet des noyaux impairs-impairs déformés.* Note de M. **Alceu de Pinho**, transmise par M. Francis Perrin.

Nous calculons dans cette Note les éléments de matrice diagonaux d'une interaction centrale neutron-proton qui nous permettront de calculer la séparation des membres $K = \Omega = \Omega_p + \Omega_n$ et $K' = \Omega' = \Omega_p - \Omega_n$ du doublet résultant du couplage du dernier proton avec le dernier neutron. En fait, la dégénérescence du doublet est levée par une force résiduelle $p - n$ dépendante du spin [1]. La notation est la même que dans la référence [2]. La fonction d'onde $| I(P) MK = \Omega = \Omega_1 \pm \Omega_2 \rangle$ est donnée par (1) dans la référence [2]. L'interaction centrale $p - n$ est donnée par

$$(1) \qquad \begin{aligned} V_{12} &= V_0 V(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|)[(1-\alpha) + \alpha \vec{\sigma}_1 . \vec{\sigma}_2][(1-\beta) + \beta P_M] \\ &= V(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|)(\rho_1 + \rho_2 \vec{\sigma}_1 . \vec{\sigma}_2 + \rho_3 P_M + \rho_4 \vec{\sigma}_1 . \vec{\sigma}_2 P_M), \end{aligned}$$

où $V(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|)$ est la forme du puits de potentiel, $\rho_1 = (1 - \alpha)(1 - \beta) V_0, \ldots$ sont la profondeur du puits pour chaque composante de l'interaction, $\vec{r}_i$ et $\vec{\sigma}_i$ sont le vecteur de position et l'opérateur de spin de la particule i et P_M est l'opérateur de Majorana. Dans les deux cas possibles de couplage les éléments de matrice diagonaux sont donnés par

$$(2) \qquad \begin{aligned} &\langle I(P) MK = \Omega = \Omega_1 + \Omega_2 | V_{12} | I(P) MK = \Omega = \Omega_1 + \Omega_2 \rangle \\ &\quad = A^+ = \rho_1 A_1^+ + \rho_2 A_2^+ + \rho_3 A_3^+ + \rho_4 A_4^+, \end{aligned}$$

$$(3) \qquad \begin{aligned} &\langle I(P) MK = \Omega = \Omega_1 - \Omega_2 | V_{12} | I(P) MK = \Omega = \Omega_1 - \Omega_2 \rangle \\ &\quad = A^- - (-)^I P \delta_K B = (\rho_1 A_1^- + \rho_2 A_2^- + \rho_3 A_3^- + \rho_4 A_4^-) \\ &\qquad - (-)^I P \delta_{K0} (\rho_1 B_1 + \rho_2 B_2 + \rho_3 B_3 + \rho_4 B_4) \end{aligned}$$

avec

$$A_1^{\pm} = \sum A' \alpha_1^{\pm}; \qquad A_2^{\pm} = \sum A'(\alpha_2^{\pm} + \alpha_{2'}^{\pm}); \qquad A_3^{\pm} = \sum A'' \alpha_3^{\pm} \quad \text{et} \quad A_4^{\pm} = \sum A''(\alpha_4^{\pm} + \alpha_{4'}^{\pm});$$

les sommes étant sur les indices l_1, l_2, l'_1, l'_2 et k. Les intégrales radiales A′ et A″ sont :

$$(4) \qquad \left\{ \begin{aligned} A'(l_1, l_2, l'_1, l'_2, k) &= \frac{1}{2} \hat{k}^{-2} \hat{l}_1 \hat{l}_2 \hat{l}'_1 \hat{l}'_2 \\ &\quad \times \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} r_1^2 \, dr_1 \, r_2^2 \, dr_2 \, R_{n_1 l_1}(r_1) R_{n_2 l_2}(r_2) R_{n'_1 l'_1}(r_1) R_{n'_2 l'_2}(r_2) \\ &\quad \times \int_{-1}^{+1} d(\cos\omega_{12}) V(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|) P_k(\cos\omega_{12}), \\ A''(l_1, l_2, l'_1, l'_2, k) &= \frac{1}{2} \hat{k}^{-2} \hat{l}_1 \hat{l}_2 \hat{l}'_1 \hat{l}'_2 \\ &\quad \times \int_0^{\infty} \int_0^{\infty} r_1^2 \, dr_1 \, r_2^2 \, dr_2 \, R_{n_1 l_1}(r_1) R_{n_2 l_2}(r_2) R_{n'_2 l'_2}(r_1) R_{n'_1 l'_1}(r_2) \\ &\quad \times \int_{-1}^{+1} d(\cos\omega_{12}) V(|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|) P_k(\cos\omega_{12}), \end{aligned} \right.$$

où $\hat{l} = (2l + 1)^{1/2}$, $P_k(\cos \omega_{12})$ est un polynome de Legendre et ω_{12} est l'angle entre $\vec{r}_1$ et $\vec{r}_2$. Les $\alpha = \alpha(l_1, l_2, l'_1, l'_2, k)$ sont donnés par

$$(5)\quad \left\{\begin{aligned}
\alpha_1 = {} & (-)^{-(\Omega_1 \pm \Omega_2)} \sum_{\Sigma_1 \Sigma_2} (-)^{\Sigma_1 \pm \Sigma_2} a_{l_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l_2}^{\Omega_2 - \Sigma_2} a_{l'_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l'_2}^{\Omega_2 - \Sigma_2} \\
& \times [\langle l_1 l'_1 \mid k \rangle \langle \Omega_1 - \Sigma_1, -\Omega_1 + \Sigma_1 \mid \rangle][\langle l_2 l'_2 \mid k \rangle \langle \Omega_2 - \Sigma_2, -\Omega_2 + \Sigma_2 \mid \rangle], \\
\alpha_2^{\mp} = {} & -(-)^{-(\Omega_1 \pm \Omega_2)} \sum_{\Sigma_1 \Sigma_2} a_{l_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l_2}^{\Omega_2 - \Sigma_2} a_{l'_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l'_2}^{\Omega_2 - \Sigma_2} \\
& \times [\langle l_1 l'_1 \mid k \rangle \langle \Omega_1 - \Sigma_1, -\Omega_1 + \Sigma_1 \mid \rangle][\langle l_2 l'_2 \mid k \rangle \langle \Omega_2 - \Sigma_2, -\Omega_2 + \Sigma_2 \mid \rangle], \\
\alpha_{2'}^{\mp} = {} & -2(-)^{-(\Omega_1 \pm \Omega_2)} \sum_{\Sigma_1} a_{l_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l_2}^{\Omega_2 + \Sigma_1} a_{l'_1}^{\Omega_1 + \Sigma_1} a_{l'_2}^{\Omega_2 - \Sigma_1} \\
& \times [\langle l_1 l'_1 \mid k \rangle \langle \Omega_1 - \Sigma_1, -\Omega_1 - \Sigma_1 \mid \rangle][\langle l_2 l'_2 \mid k \rangle \langle \Omega_2 + \Sigma_1, -\Omega_2 + \Sigma_1 \mid \rangle], \\
\alpha_3^{\mp} = {} & \sum_{\Sigma_1 \Sigma_2} a_{l_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l_2}^{\Omega_2 - \Sigma_2} a_{l'_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l'_2}^{\Omega_2 - \Omega_2} \\
& \times [\langle l_1 l'_2 \mid k \rangle \langle \Omega_1 - \Sigma_1, \mp \Omega_2 \pm \Sigma_2 \mid \rangle][\langle l'_1 l_2 \mid k \rangle \langle \Omega_1 - \Sigma_1, \mp \Omega_2 \pm \Sigma_2 \mid \rangle], \\
\alpha_4^{\pm} = {} & \pm \sum_{\Sigma_1 \Sigma_2} (-)^{\Sigma_1 - \Sigma_2} a_{l_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l_2}^{\Omega_2 - \Sigma_2} a_{l'_1}^{\Omega_1 - \Sigma_1} a_{l'_2}^{\Omega_2 - \Sigma_2} \\
& \times [\langle l_1 l'_2 \mid k \rangle \langle \Omega_1 - \Sigma_1, \mp \Omega_2 \pm \Sigma_2 \mid \rangle][\langle l'_1 l_2 \mid k \rangle \langle \Omega_1 - \Sigma_1 \mp \Omega_2 \pm \Sigma_2 \mid \rangle], \\
\alpha_{4'}^{\mp} = {} & -2 \sum_{\Sigma_1} a^{\Omega_1 - \Sigma_1} a^{\Omega_2 \pm \Sigma_1} a^{\Omega_1 + \Sigma_1} a^{\Omega_2 \mp \Sigma_1} \\
& \times [\langle l_1 l'_2 \mid k \rangle \langle \Omega_1 - \Sigma_1, \mp \Omega_2 + \Sigma_1 \mid \rangle][\langle l'_1 l_2 \mid k \rangle \langle \Omega_1 + \Sigma_1, \mp \Omega_2 - \Sigma_1 \mid \rangle],
\end{aligned}\right.$$

avec la notation

$$\langle a o b o \mid a b c o \rangle \langle a \alpha b \beta \mid a b c \gamma = \alpha + \beta \rangle = [\langle ab \mid c \rangle \langle \alpha\beta \mid \rangle].$$

La différence d'énergie entre les deux membres du doublet est égale à

$$(6)\quad \begin{aligned}\Delta E = {} & \langle \Omega = \Omega_1 + \Omega_2 \mid V_{12} \mid \Omega = \Omega_1 + \Omega_2 \rangle \\ & - \langle \Omega = \Omega_1 - \Omega_2 \mid V_{12} \mid \Omega = \Omega_1 - \Omega_2 \rangle = A^{+} - A^{-} + (-)^{I} P\, \delta_{K0} B.\end{aligned}$$

Le terme B a été calculé par Newby ([3]) avec une interaction du même type (il faut noter que notre valeur de B vaut — P la valeur de Newby).

On peut constater qu'une force de Wigner pure ne donne aucune contribution pour la séparation du doublet dès que $A_1^{+} - A_1^{-} = 0$ et $B_1 = 0$ pour toutes les déformations. Dans la limite d'une force de contact on ne doit considérer que les contributions A_2 ; ΔE est simplement donné par $2\nu_2 A_2^{+}$ à part les termes additionnels qui apparaissent quand $K = 0$ ([4]). Newby ([3]) a montré que le terme B est responsable du déplacement relatif des membres impairs par rapport aux membres pairs d'une bande de rotation avec $K = 0$. Il a noté que quand les projections Σ des spins intrinsèques du proton et du neutron sont parallèles les contributions des forces centrales au terme B sont considérablement réduites (elles tendent à zéro dans la limite des grandes déformations) et seules les forces tensorielles peuvent donner le déplacement relatif. L'analyse du schéma de niveaux du ^{242}Am et du ^{172}Lu

indique que les forces tensorielles donnent une contribution non négligeable et que les forces centrales seront responsables pour à peine une partie de la séparation du doublet. Nous avons vérifié que quand $K = \Omega_1 - \Omega_2 = 0$ avec les spins asymptotiquement antiparallèles B devient du même ordre de grandeur que $A^+ - A^-$; ainsi l'état $I = K = 0$ peut être l'état fondamental si P et B sont du même signe, en contradiction avec les règles de Gallagher-Moszkowski (⁵); cette situation, nous l'avons constaté, semble vérifiée dans les ^{166}Ho et ^{234}Np. Nous avons vérifié que la contribution la plus importante provient du terme où

$$l_1 = l'_1 = l_{1\max} = N_1 \qquad \text{et} \qquad l_2 = l'_2 = l_{2\max} = N_2.$$

Dans ce cas, les valeurs calculées ne sont qu'une indication de la grandeur et du signe de ΔE. Cette approximation correspond, comme on peut le constater par l'inspection des fonctions d'onde de Nilsson, au cas d'une déformation nulle. Les règles de Gallagher-Moszkowski peuvent donc être ramenées à celles de Nordheim (⁶).

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(¹) A. Bohr et B. R. Mottelson, *Dan. Mat. Fys. Medd.*, 27, n° 16, 1953.

(²) A. G. de Pinho, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2058.

(³) N. D. Newby, *U. C. R. L.*, 9764, 1961.

(⁴) Ce travail était déjà en cours quand M. R. Foucher nous a communiqué une prépublication de N. I. Pyatov (Doubna, 1962) où ce cas spécial est considéré.

(⁵) C. J. Gallagher et S. A. Moszkowski, *Phys. Rev.*, 111, 1958, p. 1282.

(⁶) L. W. Nordheim, *Phys. Rev.*, 78, 1950, p. 294.

(*Laboratoire Joliot-Curie de Physique nucléaire, Orsay, Seine-et-Oise* et *Centre de Recherches physiques, Rio-de-Janeiro, Brésil.*)

CALORIMÉTRIE. — *Un dispositif pour la mesure d'une quantité de chaleur à la température ordinaire.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Il n'est pas toujours possible de mesurer une quantité de chaleur par la méthode traditionnelle du calorimètre. Dans deux Notes antérieures [(1), (2)] nous avions indiqué des procédures convenant à des liquides non isothermes. Le but de la présente Note est de donner le principe d'un capteur susceptible de mesurer sur place, par simple contact durant un temps τ_1, la quantité de chaleur, q par unité de surface, ayant pénétré dans un échantillon D, pendant un temps assez bref τ (la mesure est particulièrement intéressante s'il est peu conducteur), sous l'effet de l'impact, dans ce disque D d'épaisseur l, d'un flux de densité φ à déterminer. On peut très souvent admettre que les élévations de température sont assez faibles pour que le seul échange thermique de D avec l'extérieur soit celui qui résulte du capteur, lequel est un disque d'épaisseur l_1 de même section droite que l'échantillon D.

Admettons d'abord constante la densité φ frappant D pendant le temps τ supposé assez bref pour que l'épaisseur de ce disque puisse être considérée comme illimitée : λ, c, ρ étant respectivement la conductivité, la chaleur spécifique et la masse spécifique du matériau constituant le disque, on peut montrer que le champ de température y est identique à 1 % près à ce qu'il eût été dans un milieu d'épaisseur illimitée si l'on satisfait à la condition $c\rho l^2 > 10\lambda\tau$. Dans les mêmes conditions, λ_1, c_1, ρ_1 étant les grandeurs correspondantes pour le capteur, l'épaisseur l_1 de celui-ci sera considérée comme illimitée avec la même tolérance, si l'on satisfait à $c_1\rho_1 l_1^2 > 10\lambda_1\tau_1$. L'échantillon et le capteur seront considérés tous deux comme ayant initialement une même température prise pour zéro. La théorie du capteur repose sur le calcul suivant.

Désignons par s et s_1 les grandeurs $\sqrt{\lambda c\rho}$ et $\sqrt{\lambda_1 c_1 \rho_1}$. $F(\gamma)$ étant la distribution de température créée dans D, à l'abscisse γ, par le flux de densité φ, au bout du temps d'échauffement τ (donnée par une formule classique), la surface de contact échantillon-capteur a pris, à l'instant t compté à partir de l'établissement du contact, une température P (t) :

$$\pi(s+s_1)\,P(t) = s\int_0^t u^{-\frac{1}{2}}(t-u)^{-\frac{1}{2}}\,G(u)\,du, \qquad \text{avec} \qquad G(u) = \int_0^{\infty} F(\gamma)\,d\left(-e^{-\frac{c\rho\gamma^2}{4\lambda u}}\right).$$

On trouve successivement :

$$\sqrt{\pi}\,G(u) = 2\varphi\left(\sqrt{\tau} - \sqrt{t}\,\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{\tau}{t}}\right), \qquad \sqrt{\pi}(s+s_1)\,P(t) = 2\varphi\left(\sqrt{t+\tau} - \sqrt{t}\right).$$

La densité de flux $\psi(t)$, pénétrant dans le capteur et donnée par la formule générale

$$\sqrt{\pi}\,\psi(t) = s_1\left[P(o) + \int_0^t (t-u)^{-\frac{1}{2}}\,dP(u)\right],$$

se calcule alors par l'expression

$$\pi(s+s_1)\,\psi(t) = 2s_1\varphi\left[\sqrt{\frac{\tau}{t}} - \operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{\tau}{t}}\right].$$

En intégrant de o à τ_1 par rapport à t, on trouve que le capteur aura absorbé, par unité de surface, une quantité de chaleur q_1 donnée par la formule

(1) $$\pi(s+s_1)\,q_1 = \varphi\left[2\sqrt{\tau\tau_1} - 2(\tau+\tau_1)\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{\tau}{\tau_1}} - \pi\tau\right],$$

ce qui peut s'écrire, pour $\tau_1 \gg \tau$, en remplaçant arc tg par son développement

(1 *bis*) $$q_1 = \varphi\tau\frac{s_1}{s+s_1}\left[1 - \frac{4}{\pi}\sqrt{\frac{\tau}{\tau_1}}\left(\frac{1}{1.3} - \frac{1}{3.5}\frac{\tau}{\tau_1} + \frac{1}{5.7}\frac{\tau^2}{\tau_1^2} - \frac{1}{7.9}\frac{\tau^3}{\tau_1^3} + \ldots\right)\right],$$

$\varphi\tau$ est la quantité de chaleur q à déterminer. La formule donne le rapport q/q_1, qui, pour τ_1 grand, tend vers $s_1/(s+s_1)$, rendement théorique du capteur. On a manifestement intérêt à prendre τ_1 notablement supérieur à τ : il suffit de choisir en conséquence l'épaisseur l_1 du capteur, qui restera un prisme de hauteur assez modérée s'il est constitué par un métal peu conducteur (acier inoxydable).

s et s_1 peuvent être connus *a priori*. La quantité q se déduit, par la connaissance de c_1, ρ_1, de la température relevée en un point de la surface latérale du capteur, un certain temps après la suppression du contact, l'observation de cette température permettant la correction de refroidissement dans l'air ambiant, qui lui est proportionnelle.

Si φ est une densité constante hachée un grand nombre de fois, la formule (1 *bis*) reste rigoureuse.

Dans le cas où la densité de flux φ est une fonction quelconque $f(t)$, on montre, en décomposant φ en des densités élémentaires $f'(\tau-u)\,du$ présentes entre les époques o et $\tau - u$, accompagnées d'une densité constante $f(\tau)$ persistant entre o et τ, et intégrant en u de o à τ, que la formule (1) conduit alors à

(2) $$\pi(s+s_1)\,q_1 = s_1\left\{[f(\tau)+f(o)]\left[2\sqrt{\tau\tau_1} - 2(\tau+\tau_1)\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{\tau}{\tau_1}} + \pi\tau\right] - 2\int_0^\tau f(\tau-u)\operatorname{arc\,tg}\sqrt{\frac{\tau_1}{u}}\,du\right\},$$

ce qui se calcule commodément en développant arc tg en série entière. La quantité de chaleur fournie s'en déduirait par une équation de Volterra, intégrable par développement en série. En fait, si τ_1 est assez notable,

la formule (1 *bis*) donne sensiblement le rapport q/q_1, quelle que soit la fonction $\varphi = f(t)$.

Cette procédure rappelle, pour la calorimétrie, la méthode du touchau que nous avions introduite ([3]), pour la mesure de la conductivité thermique.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) P. VERNOTTE, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1855.

([2]) P. VERNOTTE, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1218.

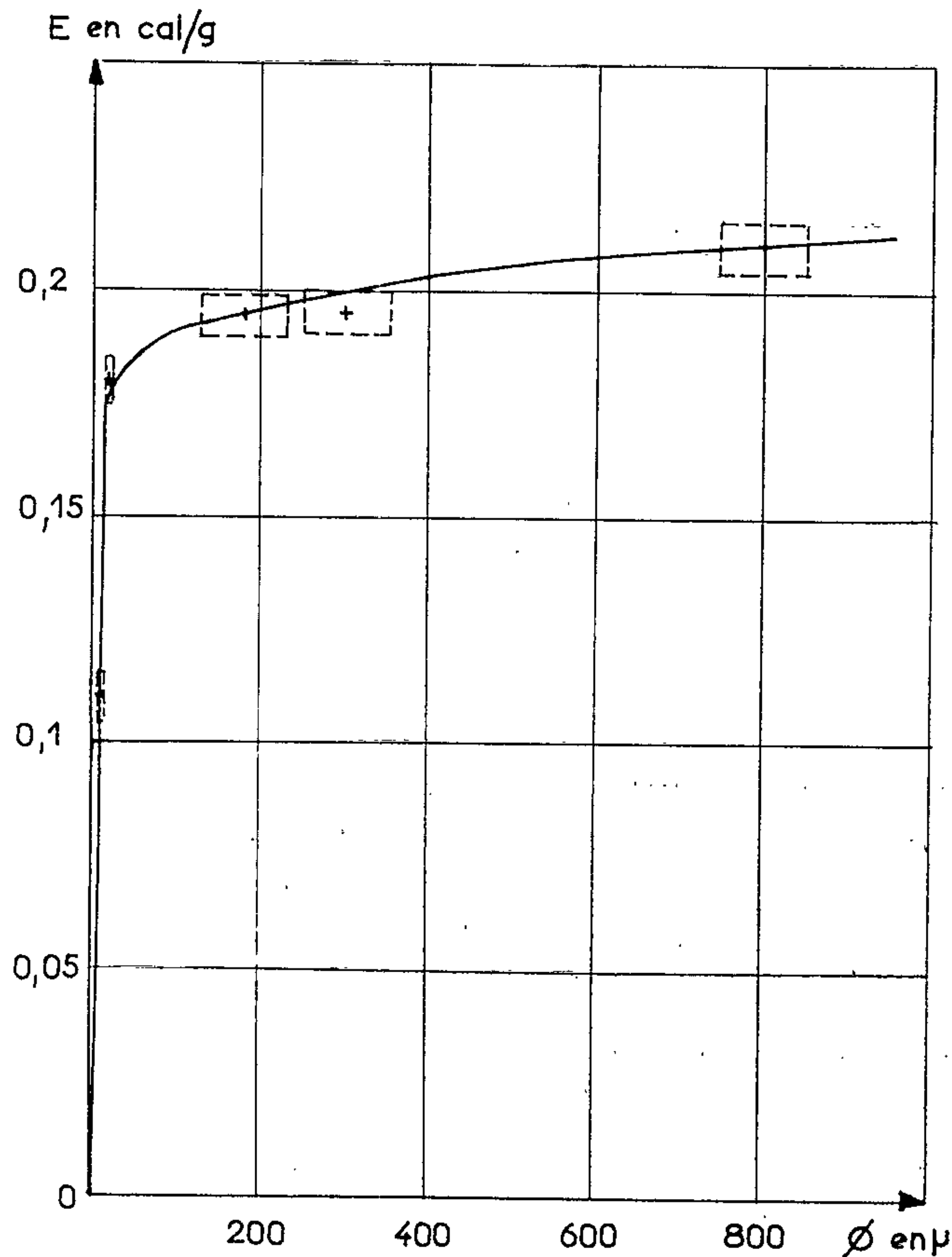
([3]) P. VERNOTTE, *Publ. Scient. et techn. Min. Air*, n° 224, § 3.52 et 3.534.

THERMODYNAMIQUE. — *Influence de la granulométrie sur la transition ferroparaélectrique du titanate de baryum.* Note (*) de MM. **Marc Richard**, **Lucien Eyraud**, Mlle **Monique Fetiveau** et M. **Raymond Rivière**, transmise par M. Louis Néel.

Les anomalies de chaleur spécifique du titanate de baryum ont été mesurées par différents expérimentateurs [(1) à (4)] et différentes méthodes. Ces études faites sur monocristaux ou sur céramiques conduisent au résultat suivant : le passage de la phase tétragonale à la phase cubique s'effectue à 121°C ± 3°C et absorbe une énergie de 0,21 cal/g. Ces résultats sont modifiés de façon importante lorsque l'échantillon est en poudre. Nous avons étudié systématiquement l'influence de la granulométrie sur la transition ferroparaélectrique de $BaTiO_3$.

Le titanate de baryum a été préparé par réaction en phase solide (5). Pour obtenir un éventail assez vaste de granulométrie, et recouper nos résultats nous avons fabriqué les poudres de $BaTiO_3$ de deux manières :

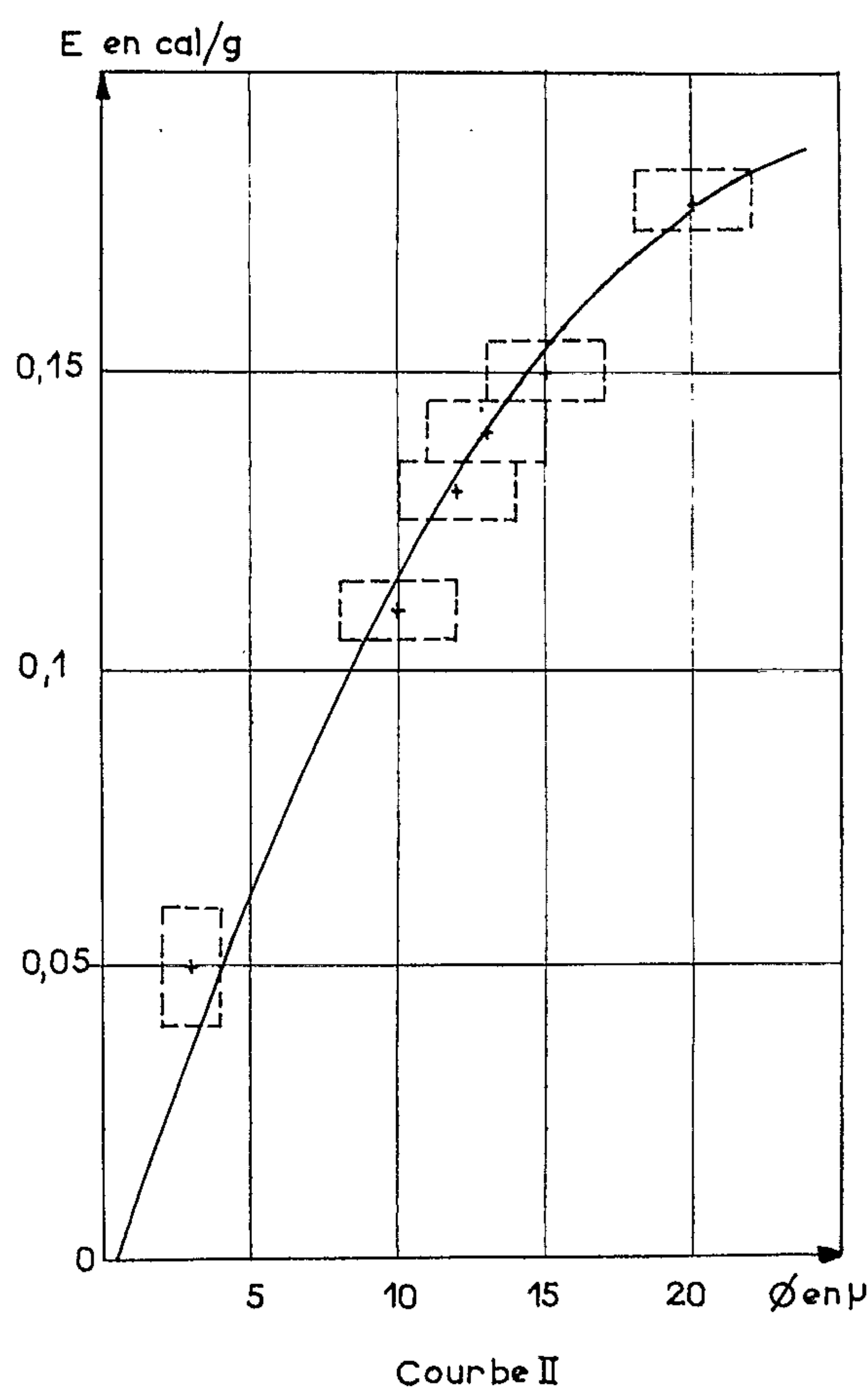
a. Obtention directe de la poudre par réaction en phase solide : Le diamètre des grains est fonction de la température et du temps de cuisson. Celui-ci est déterminé par statistique sur microphotographie.



Courbe I

b. Obtention indirecte par broyage de céramiques préalablement frittées à 1 400°C pendant 1 h.

Les variations d'enthalpie au point de transition des onze échantillons précédents ont été déterminées à l'aide d'un dispositif de microanalyse thermique différentielle (6) placé dans une enceinte chauffante programmée



Courbe II

en température (7). La montée en température (15-140°C) était rigoureusement identique pour toutes les mesures et égale à 40°C/h. Nous avons choisi cette vitesse assez élevée car elle confère une bonne sensibilité à l'appareil. Dans le cas des échantillons obtenus après frittage, la valeur stable et reproductible de l'enthalpie de transition est obtenue après plusieurs cycles thermiques permettant d'éliminer les contraintes provoquées par le broyage.

Les résultats sont reportés sur les courbes I et II. On voit que l'énergie absorbée par le matériau lors de la transition tétragonale-cubique est maximale pour l'échantillon céramique et tend à disparaître lorsque le diamètre moyen des grains tend vers 1 μ.

Parallèlement aux mesures précédentes, une étude aux rayons X a été faite sur chaque échantillon, pour des températures comprises entre 15 et 125°C. L'examen des raies aux grands angles permet de suivre avec une bonne précision l'évolution des paramètres de la maille élémentaire en fonction de la température. Les diagrammes obtenus montrent :

a. pour la céramique, une transition très rapide s'étalant entre 119 et 123°C;

b. pour les poudres dont le diamètre est supérieur à 1 ou 2 μ, une transition lente sans discontinuité apparente, couvrant une plage de température qui augmente lorsque la dimension des grains diminue;

c. pour les poudres dont le diamètre est inférieur à 1 μ, on ne voit aucune variation sensible. Les poudres à grains très fins semblent garder la même structure, déjà pratiquement cubique à la température ambiante. Ce résultat est conforme aux travaux de Känzig et collaborateurs ([8]) qui ont remarqué que le rapport c/a de la maille tétragonale à température ambiante diminue avec le diamètre moyen des grains.

L'étude thermique est beaucoup plus nette que l'étude cristallographique. Lorsque la dimension des grains tend vers 1 ou 2 μ la variation d'enthalpie à la transition tétragonale-cubique du titanate de baryum tend vers zéro. Les travaux en cours semblent montrer que ce phénomène est dû à une influence importante du champ dépolarisant lorsque la dimension du grain tend vers celle d'un domaine ferroélectrique unique.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) H. Blattner, W. Kanzig et W. Merz, *Helv. Phys. Acta.*, 22, 1949, p. 34-35.
([2]) J. Volger, *Philips-Research. Reports*, 7, 1959, p. 21-27.
([3]) L. Eyraud, J. L. Petit et M. Fetiveau, *J. Chim. Phys.*, 56, 1962, p. 463-465.
([4]) L. Eyraud, G. Malecot, M. Richard et R. Goutte, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1581.
([5]) L. Eyraud, *Thèse*, Lyon, mars 1956.
([6]) J. L. Petit, L. Sicard et L. Eyraud, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1740.
([7]) M. Richard, R. Isaac et L. Eyraud, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 245.
([8]) M. Anliker, H. R. Brugger et W. Känzig, *Helv. Phys. Acta*, 27, 1954, p. 99-124.

(*Institut National des Sciences appliquées, Villeurbanne.*)

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Ondes électromagnétiques du type* EH *dans un guide cylindrique circulaire chargé par des iris métalliques.* Note de M. **Yves Garault**, présentée par M. Louis de Broglie.

Le mode fondamental du guide à iris est un mode TM_{01}, les modes supérieurs, à périodicité d'ordre n en θ sont des modes du type EH [1], c'est-à-dire, des modes dont le champ électromagnétique présente à la fois une composante E_z et une composante H_z, ces deux composantes vérifiant la relation $Z(\vec{u} \times \overrightarrow{\text{grad}}\, H_z) = \overrightarrow{\text{grad}}\, E_z$ ($\vec{u}$, vecteur unitaire de Oz) lorsque la vitesse de phase v_φ est égale à celle des ondes planes uniformes (c dans le vide).

Si les iris sont infiniment minces et si la période h de la structure est petite devant la longueur d'onde on peut assimiler la surface de raccordement $r = a$ à une surface continue anisotrope [2] dont l'impédance de surface dépend de l'orientation du champ électromagnétique incident par rapport aux axes principaux $\vec{\theta}$ et $\vec{Z}$ de la surface. En $r = a$ les deux impédances principales $Z_\theta = E_\theta/H_z$ et $Z_z = -E_z/H_\theta$ sont égales aux impédances d'ondes des modes fondamentaux des lignes radiales formées par deux iris successifs. A Z_θ correspond un mode évanescent en r pour lequel $\vec{E}$ est parallèle aux parois, si $b - a \gg h$ dans l'expression de Z_θ b n'apparaît pas. Assimiler la surface $r = a$ à une surface continue anisotrope revient à ne conserver dans la zone centrale que la composante fondamentale du mode EH. En égalant les impédances Z_θ de la surface $r = a$ et de l'onde EH nous obtenons une relation, indépendante de b, entre les amplitudes E_1 et H_1 des composantes E_z et H_z de l'onde EH déterminant celle-ci pour a, k, β, donnés. L'égalisation des impédances Z_z conduit à la relation de dispersion permettant de calculer b.

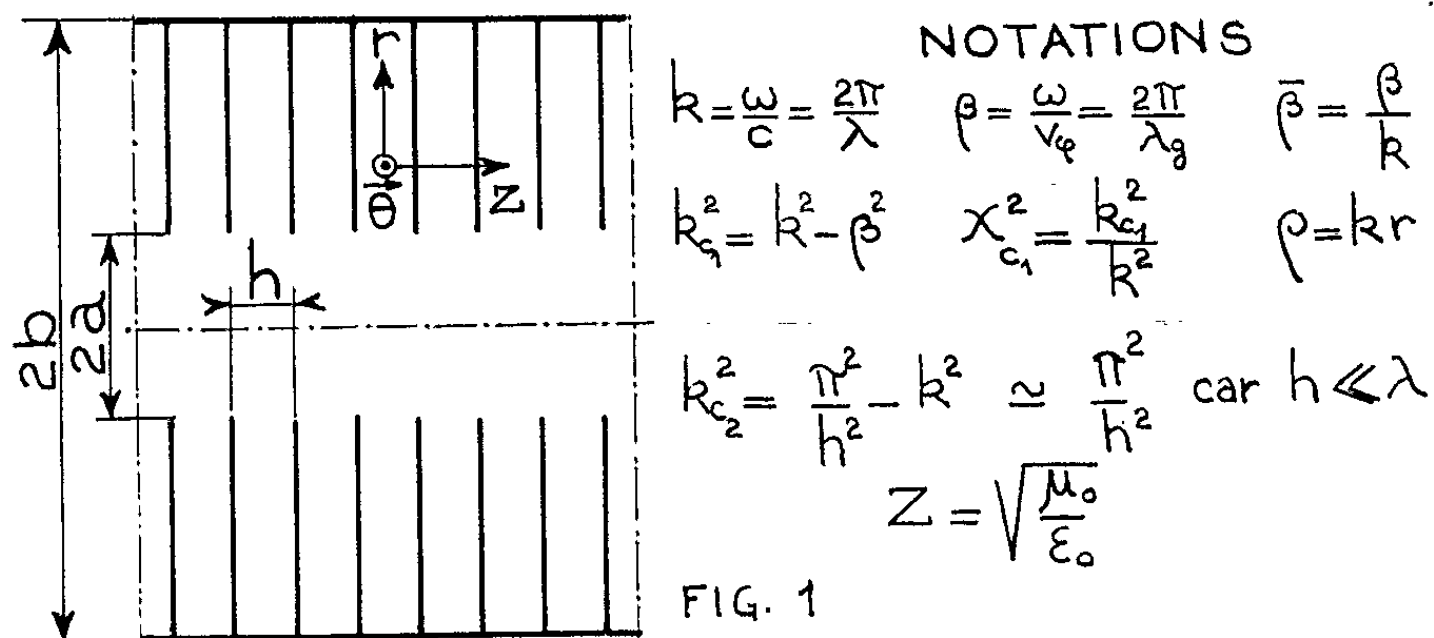


FIG. 1

ONDES PRINCIPALES A PÉRIODICITÉ D'ORDRE n EN θ DANS LES VANNES. — *a. Onde à champ électrique perpendiculaire aux plans des iris.* — L'onde dominante est une onde radiale stationnaire du type H_{n01} (champs indépendants de z) dont les composantes utiles ont pour expressions

$$E_z = E\,Y_n(kb, kr)\cos n\theta \exp j\omega t,$$
$$Z H_\theta = -jE\,Z_n(kb, kr)\cos n\theta \exp j\omega t,$$
$$Y_n(kb, kr) = N_n(kb)\,J_n(kr) - J_n(kb)\,N_n(kr),$$
$$Z_n(kb, kr) = N_n(kb)\,J'_n(kr) - J_n(kb)\,N'_n(kr),$$

sur le cylindre de rayon a, Z_z vaut

$$(1)\qquad Z_z = -\frac{E_z}{H_\theta} = -jZ\frac{Y_n(kb, ka)}{Z_n(kb, ka)}.$$

b. Onde à champ électrique parallèle aux plans des iris. — L'onde dominante est du type TE_{n1} en z, évanescente en r. Pour $b - a \gg h$ l'énergie réfléchie sur le cylindre de court-circuit $r = b$ est négligeable, d'où

$$E_\theta = -\frac{k}{k_{c_2}} Z H\,K'_n(k_{c_2} r)\sin n\theta \sin\frac{\pi z}{h}\exp j\omega t,$$
$$H_z = -jH\,K_n(k_{c_2} r)\sin n\theta \sin\frac{\pi z}{h}\exp j\omega t;$$

en $r = a$ l'impédance Z_θ vaut donc

$$(2)\qquad Z_\theta = -jZ\frac{k}{k_{c_2}}\frac{K'_n(k_{c_2}a)}{K_n(k_{c_2}a)} \simeq -2jZ\frac{h}{\lambda}\frac{K'_n\left(\frac{\pi a}{h}\right)}{K_n\left(\frac{\pi a}{h}\right)},$$

cette impédance est faible, à la limite lorsque $h \to 0$, $Z_\theta \to 0$, soit alors $E_\theta = 0$ comme condition aux limites pour l'onde EH.

STRUCTURE DE L'ONDE EH. — L'onde EH la plus générale contenant l'axe a des impédances d'onde Z_θ et Z_z qui sont données par les expressions

$$(3)\qquad Z_z = -j\frac{E_1 J^0_n(\chi_{c_1}, \rho)}{\left(\dfrac{\overline{\beta} H_1 + \dfrac{E_1}{Z}}{\chi^2_{c_1}}\right)\dfrac{n}{\rho}J^0_n(\chi_{c_1}, \rho) - \dfrac{E_1}{Z}J^0_{n+1}(\chi_{c_1}, \rho)},$$

$$(4)\qquad Z_\theta = j\left(\frac{\overline{\beta}\dfrac{E_1}{H_1} + Z}{\chi^2_{c_1}}\,\frac{n}{\rho} - Z\frac{J^0_{n+1}(\chi_{c_1}, \rho)}{J^0_n(\chi_{c_1}, \rho)}\right).$$

Voir ([3]) pour la définition des fonctions $J^0_n(\chi_c, \rho)$ qui sont des solutions de l'équation de propagation valables quelle que soit la vitesse de phase, En égalant les impédances (2) et (4) sur le cylindre de rayon a nous obtenons la relation

$$\frac{E_1}{H_1} = -Z\frac{k}{\overline{\beta}}\left[1 + \chi^2_{c_1}\frac{ka}{n}\left(\frac{2h}{\lambda}\frac{K'_n\left(\frac{\pi a}{h}\right)}{K_n\left(\frac{\pi a}{h}\right)} - \frac{J^0_{n+1}(\chi_{c_1}, ka)}{J^0_n(\chi_{c_1}, ka)}\right)\right].$$

Cette relation qui caractérise l'onde EH_{n1} et conduit aux expressions suivantes pour les composantes du champ électromagnétique :

$$E_r = jE\beta\left(\frac{\alpha}{1+\alpha\chi_{c_1}^2}\frac{n}{\rho}J_n^0(\chi_{c_1}, \rho) - J_{n+1}^0(\chi_{c_1}, \rho)\right)\cos n\theta \exp j(\omega t - \beta z),$$

$$E_\theta = jE\beta\left(\frac{\alpha}{1+\alpha\chi_{c_1}^2}\frac{n}{\rho}J_n^0(\chi_{c_1}, \rho) + \frac{J_{n+1}^0(\chi_{c_1}, \rho)}{1+\alpha\chi_{c_1}^2}\right)\sin n\theta \exp j(\omega t - \beta z),$$

$$E_z = EJ_n^0(\chi_{c_1}, \rho)\cos n\theta \exp j(\omega t - \beta z),$$

$$ZH_r = -jE\left(\frac{1+\alpha}{1+\alpha\chi_{c_1}^2}\frac{n}{\rho}J_n^0(\chi_{c_1}, \rho) + \frac{\beta^2 J_{n+1}^0(\chi_{c_1}, \rho)}{1+\alpha\chi_{c_1}^2}\right)\sin n\theta \exp j(\omega t - \beta z),$$

$$ZH_\theta = -jE\left(\frac{1+\alpha}{1+\alpha\chi_{c_1}^2}\frac{n}{\rho}J_n^0(\chi_{c_1}, \rho) - J_{n+1}^0(\chi_{c_1}, \rho)\right)\cos n\theta \exp j(\omega t - \beta z),$$

$$ZH_z = -\beta\frac{E}{(1+\alpha\chi_{c_1}^2)}J_n^0(\chi_{c_1}, \rho)\sin n\theta \exp j(\omega t - \beta z),$$

$$\alpha = \frac{ka}{n}\left(\frac{2h}{\lambda}\frac{K_n'\left(\frac{\pi a}{h}\right)}{K_n\left(\frac{\pi a}{h}\right)} - \frac{J_{n+1}^0(\chi_{c_1}, ka)}{J_n^0(\chi_{c_1}, ka)}\right).$$

Dans ces expressions pour $v_\varphi = c$, $\beta = 1$, $\chi_{c_1} = 0$ et $J_n^0(0, \rho) = \rho^n/2^n n!$. Si $\beta = 0$ (guide à la coupure) l'onde EH_{n1} se réduit à une onde TM_{n1}. Sur le cylindre $r = a$ l'onde EH_{n1} a une impédance d'onde Z_z égale à

$$Z_z = -\frac{E_z}{H_\theta} = -jZ\left(\frac{1+\alpha}{1+\alpha\chi_{c_1}^2}\frac{n}{ka} - \frac{J_{n+1}^0(\chi_{c_1}, ka)}{J_n^0(\chi_{c_1}, ka)}\right)^{-1}.$$

en égalant cette valeur à (1) nous obtenons la relation de dispersion

$$\frac{Z_n(kb, ka)}{Y_n(kb, ka)} = \frac{1+\alpha}{1+\alpha\chi_{c_1}^2}\frac{n}{ka} - \frac{J_{n+1}^0(\chi_{c_1}, ka)}{J_n^0(\chi_{c_1}, ka)}$$

qui lie les grandeurs électriques λ_g et λ aux paramètres géométriques a, b, h du guide. Si $b - a \gg h$ n'est pas valable pour obtenir la relation de dispersion on écrit que les valeurs de E_1/H_1 auxquelles conduisent Z_0 et Z_z sont égales. Ensuite l'une des deux relations donnant E_1/H_1 permet de définir les composantes de l'onde EH en fonction de a, b, h, k et β.

(1) Y. GARAULT, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 843.
(2) A. E. KARBOWIAK, *Proc. Inst. Electr. Engrs*, Pt C, 103, 1956, p. 139.
(3) Y. GARAULT, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1391.

(*Institut d'Électronique*, B. P. n° 4, *Orsay, Seine-et-Oise*.)

MAGNÉTISME. — *Le comportement magnétique et thermique à l'état supraconducteur d'un monocristal de niobium.* Note (*) de M. **Gérard Kuhn**, transmise par M. Louis Néel.

Des mesures de l'aimantation et de la conductibilité thermique d'un monocristal de niobium en fonction d'un champ magnétique extérieur mettent en évidence le blocage de domaines normaux et supraconducteurs par les défauts étendus de l'échantillon apparus en particulier lors de l'irradiation aux neutrons.

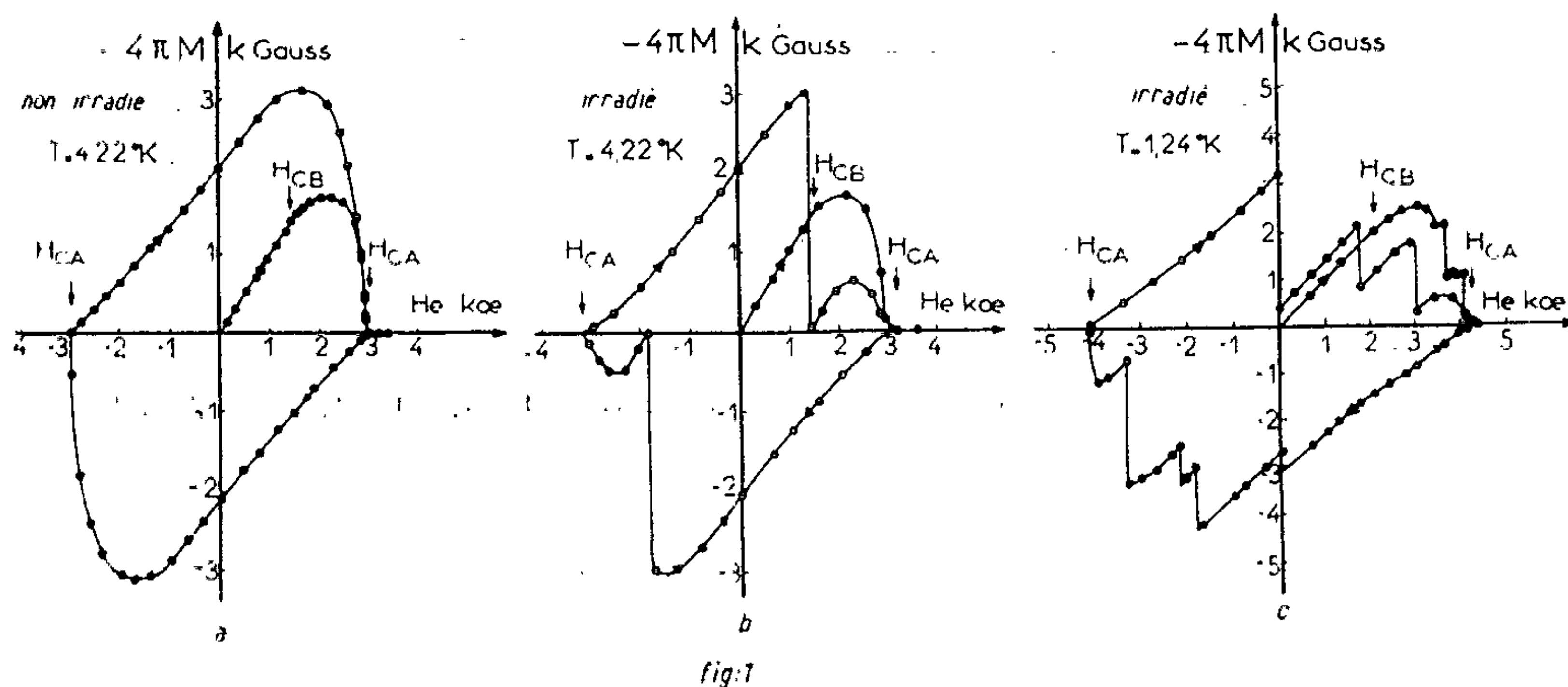
Dans de récents articles [(1), (2)] on a résumé les différents points de vue existant sur la structure de l'état supraconducteur dans un échantillon dont le comportement magnétique n'est pas idéal. Par comportement idéal nous entendons que $H_i = 0$ pour $H_e < H_c$, $H_i = H_e$ pour $H_e > H_c$, H_i et H_e étant respectivement les champs magnétiques à l'intérieur et à l'extérieur de l'échantillon dont H_c est le champ critique. Dans le but d'étudier ce problème nous avons mesuré l'aimantation M et la conductibilité thermique K d'un monocristal de niobium en fonction de H_e et de la température T. L'échantillon cylindrique avait un diamètre de 2,3 mm et une longueur de 20 mm; il a été mesuré : *a.* à l'état vierge (avec une résistivité résiduelle $\rho_0 = 0{,}09\ \mu\Omega$ cm); *b.* après une irradiation neutronique effectuée à la température ambiante avec une dose de $5{,}7.10^{17}$ neutrons cm^{-2}, d'énergie supérieure à 1 MeV.

Les mesures de M, faites par extraction de l'échantillon dans une bobine de détection se trouvant dans un champ uniforme H_e, sont reportées figure 1. Pour l'échantillon à 4,22°K (*fig.* 1 *a*) on a constaté une pénétration de l'échantillon par le champ extérieur commençant à une valeur $H_{cB} = 1\,400 \pm 50$ Oe sensiblement voisine de H_c thermodynamique à cette température, soit 1 530 Oe (3) et s'achevant rapidement pour une valeur $H_{cA} = 2\,800 \pm 50$ Oe.

Pour l'échantillon irradié, les mesures faites à 4,22°K (*fig.* 1 *b*) et à 1,24°K (*fig.* 1 *c*) montrent par contre l'existence de diminutions discontinues de M. Les valeurs du champ pour lesquelles se produit une diminution de M varient d'un cycle d'aimantation à un autre. Le fait qu'ensuite une petite variation de H_e entraîne une variation de M suivant une courbe initialement parallèle à la courbe de première aimantation suggère qu'après la diminution de M, l'échantillon se trouve toujours partiellement à l'état supraconducteur. Ces diminutions de M rappellent les sauts dans la pénétration d'un échantillon par un champ extérieur observés dans le tantale et le niobium (4), ainsi que le comportement de tores de Nb_3Sn (5).

L'allure irréversible des courbes de la figure 1 semble être due au blocage des domaines normaux et supraconducteurs par les défauts étendus de l'échantillon. Lorsqu'il existe localement une densité de courant $\vec{J}$, il semble que la structure des domaines peut rester stable et résister à la

force de Laplace $\vec{J} \wedge \vec{H}_i$ tant que $\vec{J}$ ne dépasse pas une certaine valeur critique $\vec{J}_c(\vec{H}_i)$ ([2]). La fonction $\vec{J}_c(\vec{H}_i)$ dépendrait de la nature et de la concentration des défauts étendus. Bean ([6]) a déjà considéré le cas où $\vec{J}_c$ est indépendante de $\vec{H}_i$, mais il semble probable qu'en prenant une fonction plus générale, avec $\vec{J}_c(\vec{H}_i) = 0$ pour $\vec{H}_i > \vec{H}_{cA}$, on puisse expliquer la figure 1 *a*.



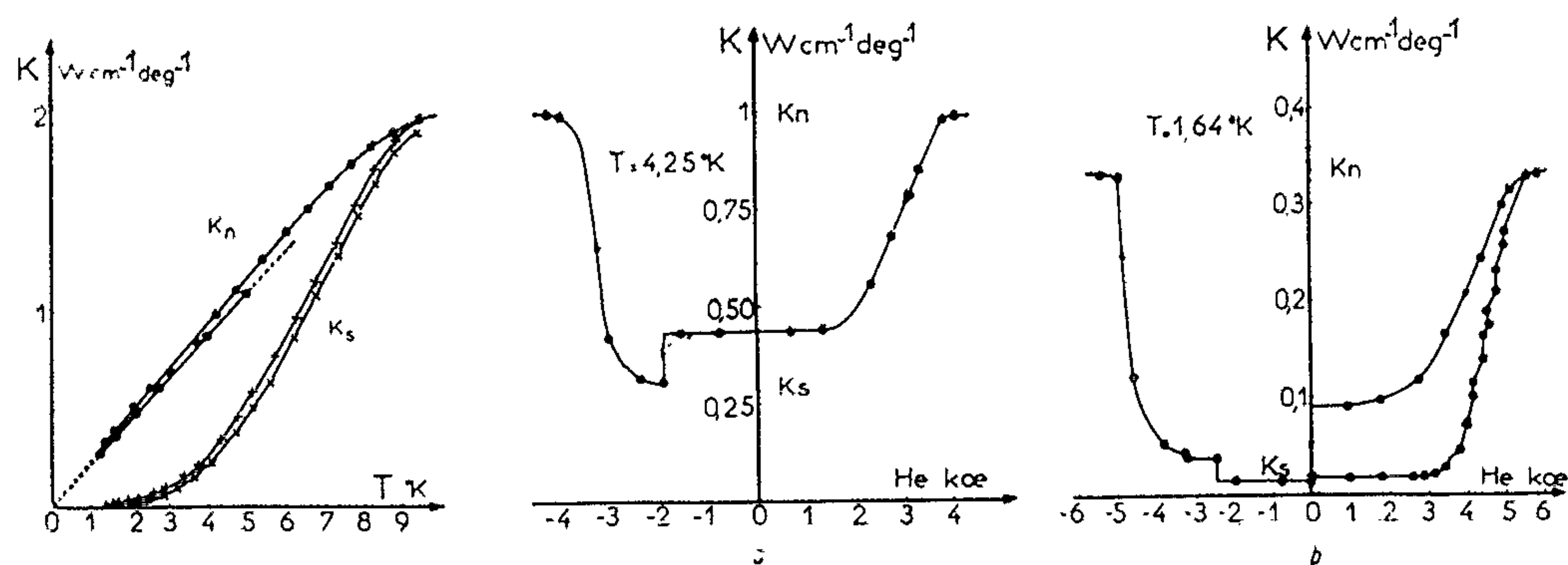


Fig. 1. — Courbes d'aimantation
(*a*). A 4,22°K avant irradiation;
(*b*) A 4,22°K après irradiation;
(*c*) A 1,24 °K après irradiation.
Courbes de première aimantation : ●; cycles d'hystérésis : o.

Fig. 2. — K en fonction de T.
Avant irradiation : K_n : o, K_s : +; après irradiation : K_n : ●, K_s : ×.

Fig. 3. — K en fonction de H_e après irradiation
(*a*) A 4,22°K; (*b*) A 1,64°K.
Courbes de première aimantation : ●; cycles d'hystérésis : o.

Avant de considérer les figures 1 *b* et 1 *c*, il faut parler des mesures de K. La figure 2 montre les résultats obtenus avant et après irradiation, à l'état normal (K_n) (dans un champ de 8 000 Oe) et à l'état supra-

conducteur (K_s). Les pentes des droites reliant K_n à T conduisent par la loi de Wiedemann-Franz aux valeurs $\rho_0 = 0,10 \pm 0,01$ μΩ cm avant irradiation (en accord raisonnable avec la valeur citée plus haut) et $\rho_0 = 0,11 \pm 0,01$ μΩ cm après irradiation. L'absence de maximum dans les courbes de K_s témoigne d'une forte concentration de défauts étendus qui diffusent les phonons [7], ce qui pourrait vraisemblablement contribuer à expliquer l'hystérésis magnétique que montre la figure 1.

On pouvait en outre espérer qu'une étude de K en fonction de H_e pour l'échantillon irradié aide à comprendre l'allure des courbes M (H_e) (*fig.* 1 *b* et 1 *c*). Les figures 3 *a* et 3 *b*, où les valeurs de H_e sont systématiquement entachées d'une erreur par excès, sont obtenues à 4,25 et 1,64°K. Leur interprétation quantitative est rendue difficile par le fait que dans l'état intermédiaire, K peut prendre une valeur inférieure [9] tant à K_s qu'à K_n. Notons surtout l'importance des discontinuités de K : au moins quelques pour-cent, alors que notre technique de mesure [8] aurait permis de déceler des sauts inférieurs à 1 ‰. Deux conclusions s'imposent :

a. Le fait que les discontinuités de K ne ramènent pas la conductibilité à la valeur K_n confirme notre hypothèse qu'après une chute brutale de M, l'échantillon reste partiellement à l'état supraconducteur, même si (*fig.* 1 *b*) M est devenu nul.

b. L'importance des variations discontinues de K démontre que ce phénomène met en jeu une fraction importante de l'échantillon, ce que nous avons implicitement supposé lors de l'introduction de la fonction $\vec{J}_c(\vec{H}_i)$.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) B. B. GOODMAN, *Phys. Rev. Lett.*, 6, 1961, p. 597; *I. B. M. Journal*, 6, 1962, p. 63.
(2) C. J. GORTER, *Phys. Lett.*, 1, 1962, p. 69; 2, 1962, p. 26.
(3) A. BROWN, M. W. ZEMANSKY et H. A. BOORSE, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 52.
(4) W. DESORBO et W. A. HEALY, *General Electric Research Laboratory*, Report n° 61 — RL — 2743 M.
(5) S. H. AUTLER, *Proceedings of the International Conference on High Magnetic Fields* (M. I. T. Press et J. Wiley et Sons. London, New-York), 1961, p. 324.
(6) C. P. BEAN, *Phys. Rev. Lett.*, 8, 1962, p. 250.
(7) P. M. ROWELL, *Proc. Roy. Soc. (London)*, A, 254, 1960, p. 542; K. D. CHAUDHURI, K. MENDELSSOHN et M. W. THOMPSON, *Cryogenics*, 1, 1960, p. 47; A. CALVERLEY, K. MENDELSSOHN et P. M. ROWELL, *Ibid.*, 2, 1961, p. 26.
(8) B. DREYFUS et F. ZADWORNY, *J. Phys. Rad.* (sous presse).
(9) S. J. LAREDO et A. B. PIPPARD, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 51, 1955, p. 368; C. A. RENTON, *Phil. Mag.*, 46, 1955, p. 47.

(*Centre de Recherches sur les Très Basses Températures, C.N.R.S., Université de Grenoble*, B. P. n° 319.)

RÉSONANCE MAGNÉTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Théorie phénoménologique de la mesure du temps de relaxation* T_1, *utilisant un champ radiofréquence modulé en amplitude. Vérification expérimentale sur le diphényl-picryl-hydrazyl.* Note (*) de MM. **Jacques Hervé** et **Jacques Pescia**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. Dans une précédente publication ([1]), nous avons proposé une méthode nouvelle de mesure des temps de relaxation électroniques T_1. On conserve la disposition classique de l'échantillon soumis à un champ directeur et à un champ radiofréquence perpendiculaire, mais on module en amplitude le champ radiofréquence et on lui donne une intensité assez grande pour saturer partiellement la résonance. On détecte alors la variation de l'aimantation le long du champ directeur.

Utilisant le formalisme de Bloembergen, Purcell et Pound, nous calculions alors le signal en fonction de la fréquence de modulation $\Omega/2\pi$. Une théorie fondée sur l'emploi de la matrice densité ([2]) a montré que ce premier calcul était valable sous la double condition

$$\Omega \ll \frac{1}{T_2}, \qquad \frac{1}{T_1} \ll \frac{1}{T_2}.$$

Nous donnons ci-dessous dans le cadre des équations de Bloch, un nouveau calcul du signal, valable pour Ω, T_1 et T_2 quelconques. Nous donnerons ensuite les résultats de mesures effectuées sur le diphényl-picryl-hydrazyl (où $T_1 = T_2$) et qui vérifient la théorie.

2. Calcul du signal. — Nous supposons le mouvement de l'aimantation (M) régi par l'équation vectorielle de Bloch :

$$(1) \qquad \frac{d\vec{M}}{dt} = \gamma \vec{M} \wedge (\vec{H}_0 + \vec{H}_1) - \frac{\vec{M}_{\parallel}}{T_1} - \frac{\vec{M}_{\perp}}{T_2},$$

où γ est le rapport gyromagnétique de l'électron, H_0 le champ directeur, H_1 le champ radiofréquence, ici modulé en amplitude :

$$(2) \qquad H_1 = 2\hat{H}_1(1 + m\cos\Omega t),$$

$\vec{M}_{\parallel}$ et $\vec{M}_{\perp}$ sont respectivement les composantes de $\vec{M}$ parallèlement et perpendiculairement à $\vec{H}_0$, et T_1 et T_2 les temps de relaxation correspondants ; $\vec{M}_0 = \chi_0 \vec{H}_0$ (χ_0, susceptibilité magnétique statique). En résolvant (1) par une méthode de perturbation où l'on suppose le taux de modulation faible, on obtient pour la partie variable de la composante M_z :

$$(3) \qquad z = -M_0 a \frac{\left(1 + j\dfrac{\Omega T_2}{2}\right)\left(1 + \dfrac{T_2^2\,\delta^2}{1 + j\Omega T_2}\right) 2m\, e^{j\Omega t}}{\left[a + (1 + j\Omega T_1)\left(1 + j\Omega T_2 + \dfrac{\delta^2 T_2^2}{1 + j\Omega T_2}\right)\right](1 + a + T_2^2\,\delta^2)},$$

où

δ, écart entre la pulsation RF et la pulsation de Larmor;

$a = \hat{H}_1^2 \gamma^2 T_1 T_2$ (valeur moyenne du facteur de saturation).

En fait, avec l'appareil utilisé [(3), (4)], la quantité qui nous intéresse est

$$s = \left| \frac{dM_z}{dt} \right| = \Omega \, | z |. \tag{4}$$

Nous présenterons les résultats dans les deux cas particuliers les plus intéressants :

1° *Signal à la résonance pour* $\Omega \ll 1/T_2$ *et* $1/T_1 \ll 1/T_2$:

$$s = s_0 \frac{a}{1+a} \frac{\Omega T_1}{\sqrt{(1+a)^2 + (\Omega T_1)^2}} \quad \text{avec} \quad s_0 = \frac{2 m M_0}{T_1}. \tag{5}$$

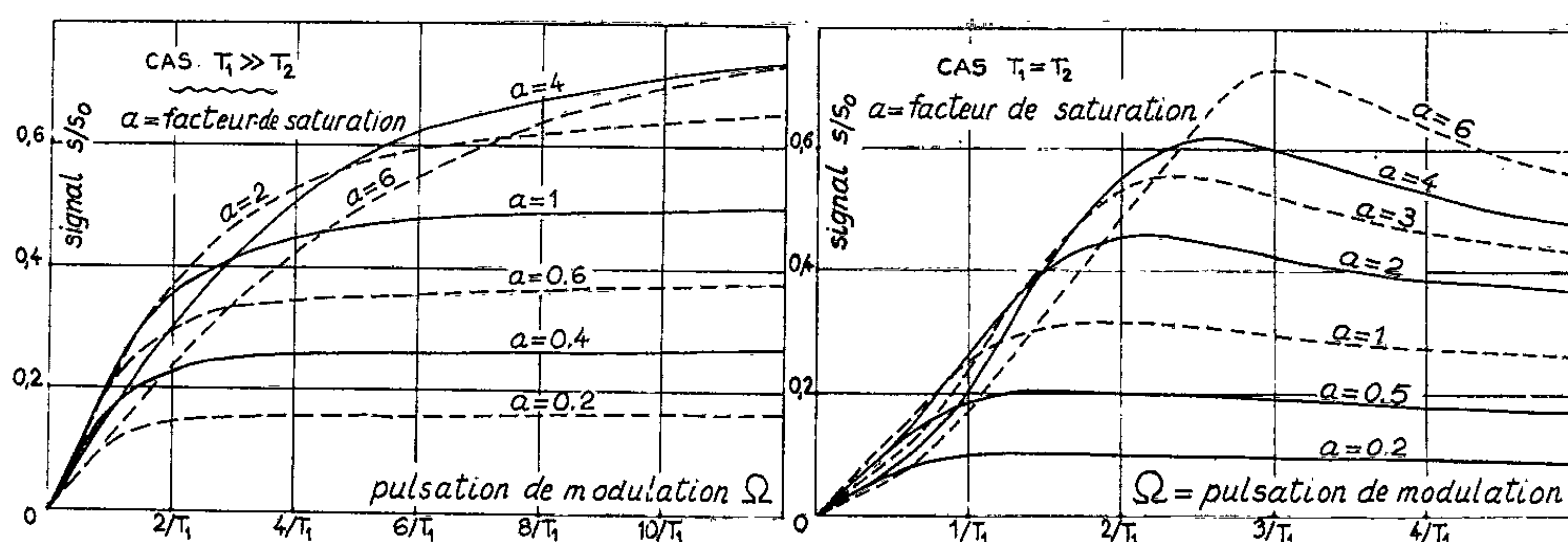


Fig. 1. Fig. 2.

On retrouve le résultat obtenu par une autre voie (1) avec les mêmes hypothèses restrictives. Le réseau des courbes est tracé sur la figure 1. En comparant les courbes de ce réseau à celles obtenues expérimentalement on peut, pour chacune d'elles, déterminer la quantité $(1 + a)/T_1$. T_1 s'obtient alors en extrapolant à la valeur $a = 0$.

2° *Signal à la résonance pour* $T_1 = T_2$ (Ω *quelconque*) :

$$s = s_0 \frac{a}{1+a} \frac{\Omega T_1 \sqrt{1 + \left(\frac{\Omega T_1}{2}\right)^2}}{\sqrt{[1 + a - (\Omega T_1)^2]^2 + 4(\Omega T_1)^2}}. \tag{6}$$

La valeur de T_1 s'obtient ici encore en extrapolant pour $a = 0$. En effet, $1/2T_1$ est l'abscisse du point d'ordonnée 0,71 en prenant pour unité des ordonnées, l'ordonnée du maximum. Notons pour a très faible, la formule approchée :

$$s = s_0 a \frac{\left(\sqrt{1 + \left(\frac{\Omega T_1}{2}\right)^2}\right) \Omega T_1}{1 + (\Omega T_1)^2}. \tag{7}$$

3. Expériences sur le diphényl-picryl-hydrazyl. — Nous donnons sur la figure 3 le réseau des courbes obtenues avec un échantillon de poudre

de diphényl-picryl-hydrazyl. On notera que :

1° Le signal obtenu avec cette sorte d'échantillon étant particulièrement intense, il a été possible d'opérer à faible puissance (a, petit). Ceci se traduit, sur le réseau, par le fait que les courbes se déduisent les unes des autres par simple affinité.

2° Les courbes présentent un maximum et sont donc conformes aux prévisions de la figure 2. Il en résulte qu'on a là une vérification directe de l'égalité de T_1 et T_2. Du réseau des courbes expérimentales nous déduisons la valeur

$$T_1 = T_2 = (8,6 \pm 0,4) . 10^{-8} \text{ s},$$

valeur en bon accord avec les résultats de Goldborough, Mandel et Pake (5), obtenus par une autre méthode. La valeur de T_2 coïncide avec celle déduite de la largeur de raie.

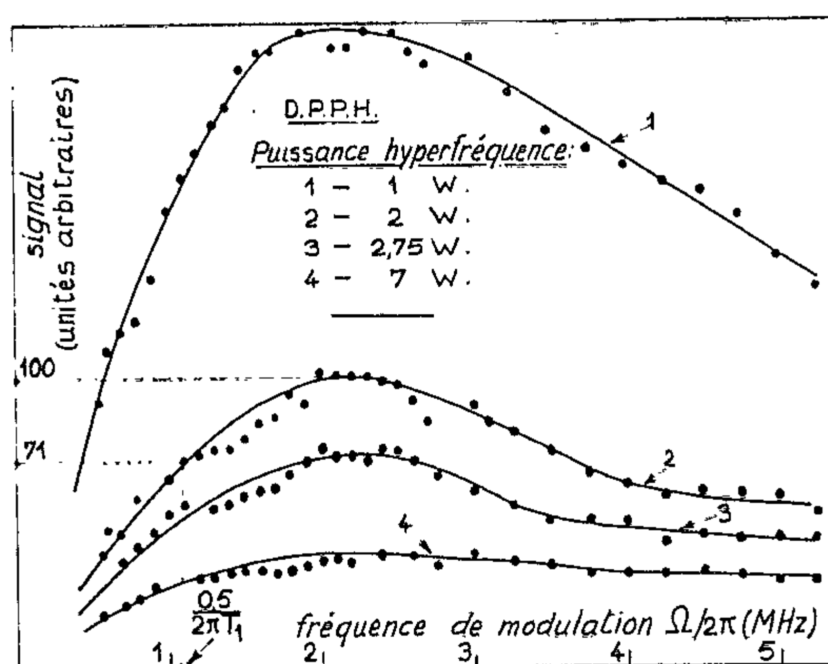


Fig. 3.

4. L'accord satisfaisant de l'expérience avec le calcul développé ci-dessus, montre la validité de celui-ci et justifie, pour cette sorte d'échantillon, l'emploi des équations de Bloch en résonance électronique.

La théorie exposée ci-dessus implique un élargissement homogène de la raie. Dans une prochaine publication nous étendrons le calcul au cas d'un élargissement inhomogène, ce qui nous permettra de l'appliquer à des échantillons de charbon sur lesquels nous effectuons en ce moment des expériences.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) J. HERVÉ et J. PESCIA, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 665.

(2) A. BASSOMPIERRE et J. PESCIA, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 4439.

(3) J. PESCIA, *Arc. des Sc.*, 1960, p. 350.

(4) J. PESCIA et J. HERVÉ, *Arc. des Sc.*, 1961, p. 123.

(5) J. P. GOLDBOROUGH, M. MANDEL et G. E. PAKE, *Phys. Rev. Lett.*, 4, 1960, p. 13.

(*Institut d'Électronique*, B. P. n° 4, *Orsay*, *Seine-et-Oise*.)

ÉLECTRONIQUE. — *Spectre d'un oscillateur Maser; relation avec la théorie des autooscillateurs non linéaires classiques.* Note (*) de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

La théorie des autooscillateurs classiques, compte tenu des termes non linéaires, est applicable aux oscillateurs Maser et conduit à l'évaluation de la largeur spectrale du signal émis. L'expression obtenue diffère de celle qui est couramment admise d'un facteur 2, et la correction ainsi apportée peut être également justifiée à partir de la méthode pseudo-linéaire prise jusqu'ici pour base des calculs.

L'analogie entre un oscillateur Maser et un autooscillateur classique a conduit J. P. Gordon, H. J. Zeiger et C. H. Townes [1] à l'expression de la largeur de raie suivante :

$$2\,\delta\nu = \frac{8\pi k T(\Delta\nu_B)^2}{P_B}, \tag{1}$$

$2\,\delta\nu$, largeur totale, à mi-hauteur, de la distribution spectrale de l'oscillation; $\Delta\nu_B$ demi-largeur de la raie d'émission moléculaire; P_B puissance émise par le faisceau.

La méthode suivie par ces auteurs assimile l'autooscillateur à un amplificateur linéaire très sélectif. Or une théorie des autooscillateurs classiques [2], tenant compte des non-linéarités nous avait donné, pour largeur de raie, transcrite avec les notations ci-dessus et en adoptant les mêmes conventions relativement aux largeurs spectrales :

$$2\,\delta\nu = \frac{2\pi k T r \nu_0^2}{A_0^2}, \tag{2}$$

r, résistance du circuit oscillant (C. O.) en série avec la self L et la capacité C; ν_0, A_0 fréquence et amplitude de régime, le signal étant la d. d. p. aux bornes du condensateur du C. O.

Ici, la bande passante du C. O., $2\,\Delta\nu_0$, supposé isolé de son circuit d'entretien, est l'analogue de la largeur de raie d'émission moléculaire du Maser, et l'on a

$$\frac{2\Delta\nu_0}{\nu_0} = \frac{1}{Q},$$

Q, coefficient de surtension du C. O.

Portant dans (2), il vient

$$2\,\delta\nu = \frac{8\pi k T Q^2 r(\Delta\nu_0)^2}{A_0^2} = \frac{8\pi k T R(\Delta\nu_0)^2}{A_0^2}$$

(R, résistance en parallèle équivalente du C. O.). Enfin, si l'on désigne par $P = A_0^2/2R$, la puissance efficace dépensée par le signal entretenu dans le C. O., on obtient

$$2\,\delta\nu = \frac{4\pi k T(\Delta\nu_0)^2}{P}. \tag{3}$$

Cette formule diffère de (1) d'un facteur 2, explicable si l'on se réfère à l'expression de la puissance réduite de bruit ([3]) de l'oscillateur entretenu : p_B. En effet la théorie rigoureuse [([1]), ([2])] des autooscillateurs non linéaires donne

(4) $$p_B = \frac{kTr\omega_0^2\tau_2}{2},$$

τ_2, constante de temps de retour au régime stable, après une petite perturbation qui écarte l'oscillateur de cet état de régime, alors que la théorie pseudo-linéaire adoptée par différents auteurs [([1]), ([5])], donne

(5) $$p_B = kTr\omega_0^2\tau_2.$$

Or il est facile d'établir que $2\,\delta\nu$ est lié à p_B par la relation

(6) $$2\,\delta\nu = \frac{p_B}{\pi A_0^2}\,\frac{1}{\tau_2}.$$

L'écart entre les formules (4) et (5) est donc à l'origine de la légère divergence entre les formules (1) et (3). Finalement la formule (3) diffère assez peu de la formule (1) mais elle est plus rigoureuse.

Nous remarquons d'autre part que la relation (6) introduit une deuxième constante de temps

(7) $$\tau_1^* = \frac{1}{2\pi\delta\nu}$$

et la relie à τ_2 par

(8) $$\frac{\tau_2}{\tau_1^*} = \frac{\overline{\Delta A^2}}{2A_0^2} \qquad \left(\text{en posant } p_B = \frac{\overline{\Delta A^2}}{2}\right).$$

La formule (8) est analogue à celle qui relie la constante de temps de retour au régime τ_2, à la constante de temps τ_1 de l'exponentielle tangente [*cf.* relations (10) et (11) de la référence ([6])] que nous avions introduite dans la théorie des autooscillateurs non linéaires :

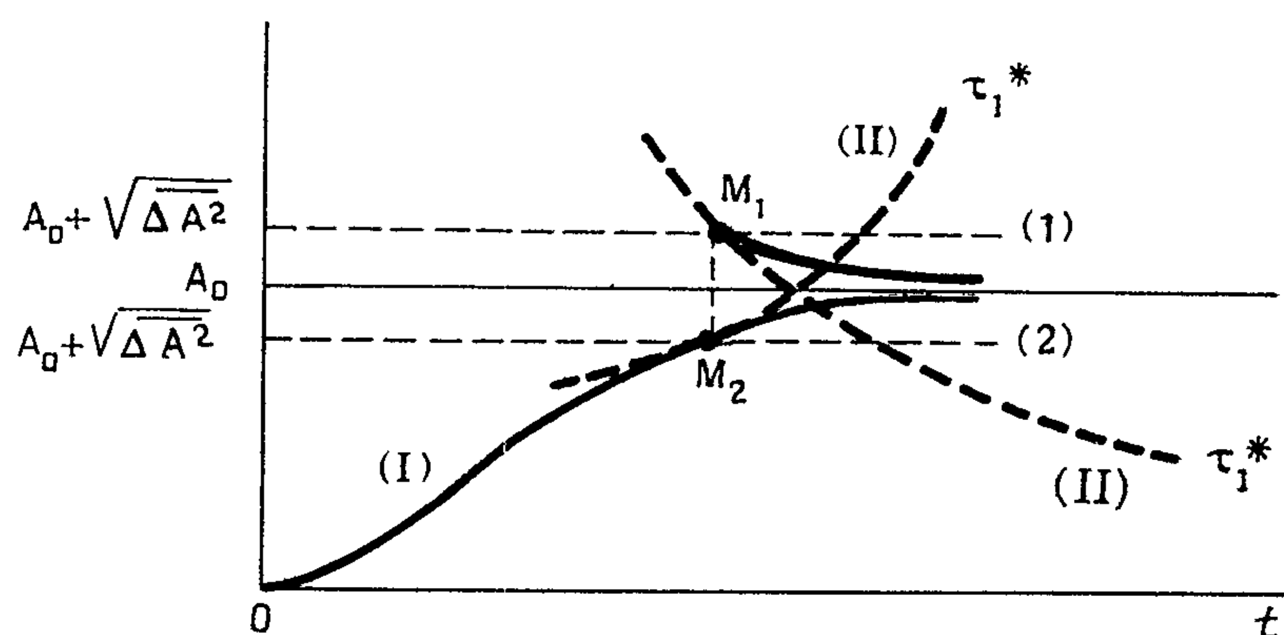
(9) $$\frac{\tau_2}{\tau_1} = \frac{\Delta A}{A_0} \simeq \frac{2A\,\Delta A}{2A_0^2} = \frac{\Delta A^2}{2A_0^2},$$

ΔA, écart d'amplitude à partir du régime stable.

Ainsi $1/\tau_1^*$ apparaît comme la valeur moyenne de $1/\tau_1$ lorsque l'oscillateur évolue aléatoirement au voisinage du régime théorique.

Cette remarque permet de justifier le principe de la méthode pseudo-linéaire en précisant ses conditions d'application. Cette méthode revient en effet à assimiler l'oscillateur non linéaire réel à l'oscillateur linéaire tangent associé, *amorti*, d'amplitude $A_0 + \sqrt{\overline{\Delta A^2}}$ (niveau du point M_1, *figure*). Cependant il existe un deuxième oscillateur linéaire tangent associé, de même constante de temps τ_1^* que le précédent, *mais instable* (niveau du point M_2, *figure*). Or l'autooscillateur n'est assimilable à un amplificateur sélectif que dans le premier cas, et néanmoins se trouve la moitié du temps

dans le voisinage du niveau (1), et la moitié du temps dans le voisinage du niveau (2). Comme les perturbations dues au bruit thermique répartissent également leurs effets entre ces deux niveaux, il est clair qu'il convient de faire intervenir dans la théorie pseudo-linéaire seulement la moitié du bruit réel d'entrée, auquel cas on retrouve les formules (3), (4).



(I) Évolution de l'amplitude vers le régime.
(II) Exponentielles tangentes en M_1 et M_2.

La formule (7) montre aussi que τ_1^* est la « durée de corrélation » des fluctuations de phase de l'oscillation; durée au-delà de laquelle le signal a perdu tout souvenir de sa phase initiale. Cette durée de corrélation définit la localisation temporelle de l'énergie du signal, tandis que $\overline{\Delta A^2}$ est, à un facteur près, l'incertitude sur cette énergie. La relation (8) sous la forme $\overline{\Delta A^2}.\tau_1^* =$ Cte traduit donc, dans un cas non linéaire, le principe d'incertitude de Heisenberg.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) J. P. GORDON, H. J. ZEIGER et C. H. TOWNES, *Phys. Rev.*, 99, n° 4, 15 août 1955.
(2) A. BLAQUIÈRE, *Ann. Radioélectr.*, 8, n° 32, avril 1953.
(3) P. GRIVET et A. BLAQUIÈRE, *Le bruit de fond*, Masson, Paris, 1958.
(4) P. GRIVET et A. BLAQUIÈRE, *Bull. Ampère*, 10e année, fasc. spécial 1961.
(5) M. J. E. GOLAY, *Proc. I. R. E.*, août 1960.
(6) A. BLAQUIÈRE, *J. Phys. Rad.*, 13, décembre 1952.

(*Faculté des Sciences de Paris, Centre Orsay, Institut d'Électronique.*)

OPTIQUE. — *Réflexion de l'arséniure de gallium.* Note (*) de MM. **Bernard Piriou** et **François Cabannes**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'analyse suivant la théorie classique de la dispersion des courbes expérimentales, obtenues en réflexion normale sur l'arséniure de gallium, permet de déterminer de nombreuses constantes physiques de ce composé.

1. *Réflexion du réseau.* — Dans un cristal ionique les susceptibilité et conductibilité électriques sont données par [(1), (2)]

$$\chi = A \frac{\nu_0^2 - \nu^2}{(\nu_0^2 - \nu^2)^2 + \gamma^2\nu^2}, \quad (1)$$

$$\sigma = A \frac{2\pi\gamma\nu^2}{(\nu_0^2 - \nu^2)^2 + \gamma^2\nu^2}, \quad (2)$$

où $A = (Nq^2/4\pi^2 m^*)$ dans la théorie de Lorentz avec

ν_0, fréquence de résonance des vibrations transverses;

γ, terme de frottement;

N, m^*, étant respectivement la concentration et la masse réduite des paires d'ions de charge q.

A partir de l'indice de réfraction et du coefficient d'extinction donnés par

$$n = \left[\frac{\varepsilon}{2} + \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{4} + \left(\frac{\sigma}{\nu}\right)^2}\right]^{\frac{1}{2}}, \qquad k = \left[-\frac{\varepsilon}{2} + \sqrt{\frac{\varepsilon^2}{4} + \left(\frac{\sigma}{\nu}\right)^2}\right]^{\frac{1}{2}} \qquad (\text{où } \varepsilon = \varepsilon_\infty + 4\pi\chi),$$

nous pouvons atteindre aisément le facteur de réflexion en incidence normale :

$$R = \frac{(n-1)^2 + k^2}{(n+1)^2 + k^2}.$$

A l'aide d'une calculatrice électronique, nous avons ajusté les paramètres A, γ et ν_0 de manière à retrouver, par le calcul, la courbe expérimentale $R = f(\nu)$ comme le montre la figure 1. Au voisinage du maximum, une moins bonne superposition s'explique par la présence de lumière parasite, dont l'importance croissante dans ce domaine affecte la précision des mesures. Les sinuosités de la courbe expérimentale, particulièrement au maximum, sont dues à l'imparfaite élimination de la vapeur d'eau atmosphérique. Nous avons ainsi déterminé les paramètres suivants :

$$A = 7{,}5\ (\pm 0{,}1).10^{24}\,\mathrm{s}^{-2},$$
$$\gamma = 0{,}12\ (\pm 0{,}01).10^{12}\,\mathrm{s}^{-1},$$
$$\nu_0 = 8{,}27\ (\pm 0{,}02).10^{12}\,\mathrm{s}^{-1}.$$

La valeur de la constante diélectrique dynamique $\varepsilon_\infty = 11{,}06$ (3), nous permet bien de retrouver le facteur de réflexion aux grandes fréquences. A la limite nous aurions

$$R_{\nu \to \infty} = \frac{\left(\varepsilon_\infty^{\frac{1}{2}} - 1\right)^2}{\left(\varepsilon_\infty^{\frac{1}{2}} + 1\right)^2} = 0{,}29.$$

Les constantes optiques n et k calculées sont données sur la figure 2. Il est à noter un petit domaine ($8{,}48.10^{12} < \nu < 8{,}80.10^{12}$) où l'indice de réfraction est inférieur à l'unité. Dans un cristal polaire la fréquence de vibration longitudinale ν_l est donnée par $\nu_l = \nu_0 (\varepsilon_0/\varepsilon_\infty)^{1/2}$ ([4]). D'après nos résultats nous avons $\varepsilon_0 = 12{,}44$ d'où $\nu_l = 8{,}77.10^{12}\,s^{-1}$. Cette dernière valeur recoupe bien les mesures d'absorption faites par Fray ([5]). Les liaisons dans l'arséniure de gallium ne sont pas purement ioniques ([6]). Cet écart du cristal de la conduite hétéropolaire idéale est évaluable par le facteur de distorsion s, défini par Szigeti ([7]) en considérant le moment électrique élémentaire $\mu = sZe_0\,\Delta x$ de chaque paire « d'ions ». La charge effective de chaque site $e_s^* = e_0 s Z$ est alors

$$e_s^* = (\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{3}{\varepsilon_\infty + 2}\right) \left(\frac{\pi \nu_0^2 m^*}{N}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

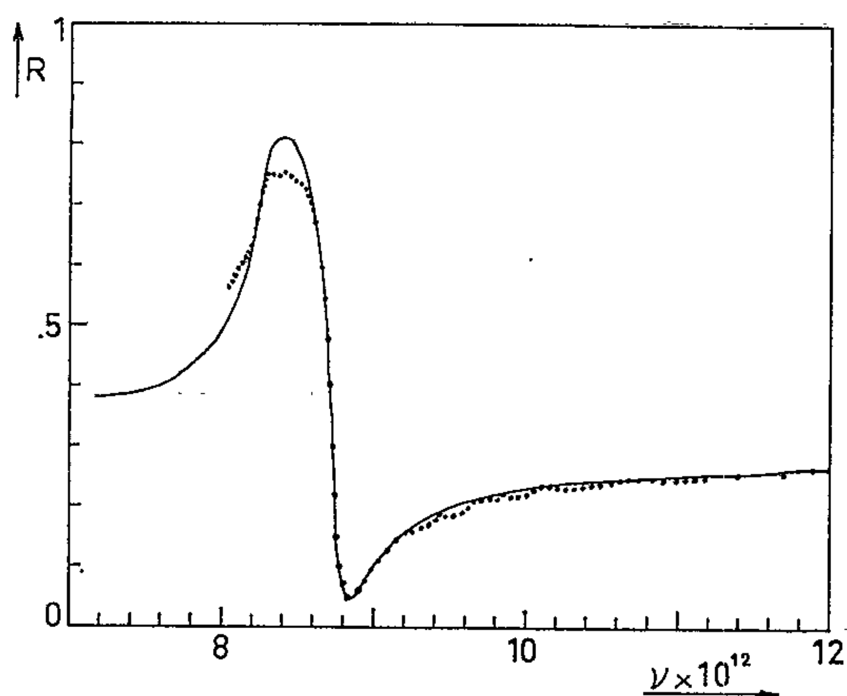


Fig. 1.

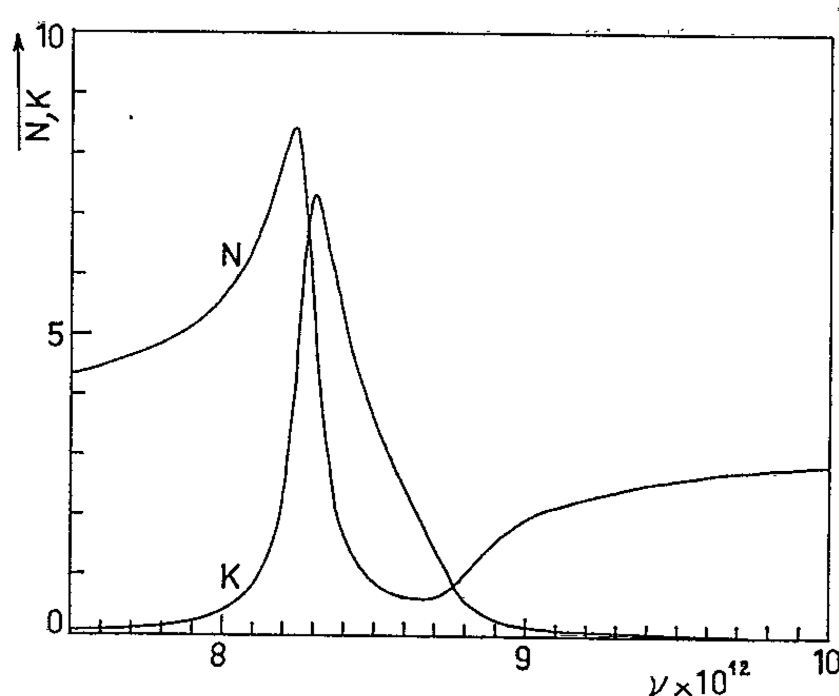


Fig. 2.

Fig. 1. — . . . . Courbe expérimentale.
——— Courbe théorique.

Avec $N = 2{,}21.10^{22}\,cm^{-3}$ $m^* = 6{,}03.10^{-23}$ g, nous trouvons $e_s^*/e_0 = 0{,}43$ en parfait accord avec les travaux d'autres auteurs [([8]), ([9]), ([10])]. La charge effective telle que l'a définie Lyddane ([4]) et utilisée par d'autres auteurs [([11]), ([12])] est donnée par

$$e_L^* = \left(\frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_\infty}{\varepsilon_\infty}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{\pi \nu_0^2 m}{N}\right)^{\frac{1}{2}}.$$

Nos mesures nous donnent alors $e_L^*/e_0 = 0{,}17$, valeur comparable aux résultats d'Ehrenreich ([13]).

2. *Participation des porteurs libres à la réflexion.* — Si l'on tient compte de l'influence des porteurs libres (1) et (2) deviennent

$$(1') \qquad \chi = A \frac{\nu_0^2 - \nu^2}{(\nu_0^2 - \nu^2)^2 + \gamma^2 \nu^2} - A_e \frac{1}{\nu^2 + \gamma_e^2},$$

$$(2') \qquad \sigma = A \frac{2\pi\gamma\nu^2}{(\nu_0^2 - \nu^2)^2 + \gamma^2 \nu^2} + A_e \frac{2\pi\gamma_e}{\nu^2 + \gamma_e^2},$$

où $A_e = (n_e e^2/4\pi^2 m^*)$, n_e, e, m^* et γ_e représentent respectivement les concentration, charge, masse et fréquence de collision des porteurs libres. La courbe $R = f(\nu)$ est déformée : le maximum se déplace vers les grandes fréquences d'autant plus que n est grand. Ce phénomène devient appréciable dès que $n > 10^{17}\ cm^{-3}$. Pour des courants de fréquence faible ou nulle, (2') nous donne $\sigma = n_e e \mu = (n_e e^2/2\pi m^* \gamma_e)$, ce qui nous permet de déterminer la mobilité μ des porteurs à partir de γ_e déduit de la courbe de réflexion.

Sur deux échantillons de faible pureté ($\nu_{min} = 9{,}70 . 10^{12}\ s^{-1}$ et $1{,}45 . 10^{13}\ s^{-1}$) nous avons calculé, comme ci-dessus, les courbes de réflexion. La coïncidence des résultats expérimentaux et théoriques, bien que moins bonne permet néanmoins d'obtenir, en prenant $m^* = 0{,}078$ ([14]) :

Échantillon E_1 :

$$n_1 = 5{,}7\,(\pm 0{,}2) . 10^{17}\ cm^{-3}, \qquad \gamma_{e_1} = 1{,}3\,(\pm 0{,}1) . 10^{12}\ s^{-1}, \qquad \mu_1 = 2{,}7 . 10^{3}\ V^{-1} . cm^2 . s^{-2}.$$

Échantillon E_2 :

$$n_2 = 1{,}9\,(\pm 0{,}1) . 10^{18}\ cm^{-3}, \qquad \gamma_{e_2} = 2{,}0\,(\pm 0{,}2) . 10^{12}\ s^{-1}, \qquad \mu_2 = 1{,}8 . 10^{3}\ V^{-1} . cm^2 . s^{-2}.$$

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) F. SEITZ, *The modern theory of solids*, Mc Graw Hill Book C° Inc., New York, 1940.
(2) M. BORN et K. HUANG, *Dynamical theory of crystal lattice*, Clarendon Press, Oxford, 1954.
(3) L. C. BARCUS, A. PELMUTTER et CALLAWAY, *Phys. Rev.*, 114, 1959, p. 59-63.
(4) R. H. LYDDANE, R. H. SACHS et E. TELLER, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 675-677.
(5) S. J. FRAY et F. A. JOHNSON, *Proc. Phys. Soc.*, 77, 1961, p. 215-217.
(6) O. H. FOLBERTH et S. M. WELKER, *J. Phys. Chem. Solids*, 8, 1959, p. 14-20.
(7) S. SZIGETI, *Trans. Far. Soc.*, 46, 1949, p. 155-166.
(8) G. PICUS, E. BURSTEIN, B. H. HENVIS et M. MASS, *J. Phys. Chem. Solids*, 8, 1959, p. 282-285.
(9) K. G. HAMBLETON, C. HILSUM et B. R. HOLEMAN, *Proc. Phys. Soc.*, 77, 1961, p. 1147-1148.
(10) M. HASS et B. W. HENVIS, *J. Phys. Chem. Solids*, 23, 1962, p. 1099-1104.
(11) H. B. CALLENS, *Phys. Rev.*, 76, 1949, p. 1394.
(12) H. EHRENREICH, *J. Phys. Chem. Solids*, 2, 1957, p. 131-149.
(13) H. EHRENREICH, *Phys. Rev.*, 120, 1960, p. 1951-1963.
(14) W. G. SPITZER et J. M. WHELAN, *Phys. Rev.*, 114, 1959, p. 59-63.

SPECTROSCOPIE MOLÉCULAIRE. — *Sur le dédoublement des fréquences Raman dans les nitrates fondus.* Note (*) de MM. **Yves Doucet** et **Jean Vallier**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les spectres Raman des nitrates de lithium, de potassium et de sodium à leur température de fusion sont comparés à celui d'une solution aqueuse diluée de nitrate de sodium. La vibration dégénérée de valence est dédoublée, dans le spectre de $LiNO_3$ à cause du ralentissement de la rotation des ions NO_3^- dans la fusion. Le calcul des constantes de force montre que les forces de liaison de l'ion NO_3^- dans les nitrates fondus diffèrent peu de celles de l'ion NO_3^- en solution aqueuse étendue.

On admet pour l'ion NO_3^- la structure plane du triangle équilatéral centré. L'ion NO_3^- possède la symétrie D_{3h}. Le dénombrement et le classement des oscillations fondamentales montrent que l'on doit s'attendre à trouver dans le spectre Raman : une vibration non dégénérée totalement symétrique de classe A'_1 et de fréquence ν_1 et deux vibrations doublement dégénérées de classe E'. L'une est la vibration dégénérée de valence; sa fréquence est ν_3. L'autre est la vibration dégénérée de déformation angulaire; sa fréquence est ν_4.

Les nitrates métalliques en solution diluée donnent bien des spectres conformes à ces prévisions. Les valeurs des fréquences de vibration sont indépendantes de la nature du cation ainsi que l'état de polarisation et l'intensité de chaque raie. On est donc autorisé à considérer un tel spectre comme spectre de référence pour l'ion NO_3^-. Mais de nombreuses divergences ont été remarquées, notamment par Mathieu et Lounsbury [1] dans le cas des solutions concentrées, par Couture [2] dans le cas des cristaux et par Bues [3] chez certains nitrates fondus. Ces divergences portent principalement sur la valeur de la fréquence de pulsation et sur le dédoublement de la fréquence dégénérée de valence.

TABLEAU I.

Fréquences.	$LiNO_3$.	KNO_3.	$NaNO_3$.	Solution 1,7 *n* $NaNO_3$ [1].
ν_4	722	718	720	720
ν_1	1 060	1 047	1 053	1 048
ν_3	{ 1 367 1 452 }	1 380	1 385	1 380
$2\nu_2$	–	1 660	1 662	–

Nous avons obtenu les spectres Raman des nitrates de lithium, de potassium et de sodium liquides, à leur température de fusion. Les valeurs des fréquences de vibration en cm^{-1} sont données dans les trois premières colonnes du tableau I. La quatrième colonne contient les fréquences données par une solution diluée de $NaNO_3$.

Nous avons trouvé pour KNO_3 et $NaNO_3$ une raie de fréquence voisine de 1660 cm^{-1} due au premier harmonique de la vibration non plane classée en A''_2 et interdite en effet Raman. L'absence de cette raie dans le spectre de $LiNO_3$ ainsi que les valeurs des fréquences issues du dédoublement de ν_3 laissent penser que le sel fondu étudié n'était pas totalement débarrassé des molécules d'eau retenues dans le cristal. Nos résultats sont en effet à rapprocher de ceux donnés par le cristal hydraté $LiNO_3$, $3H_2O$ fondu [1].

Pour $LiNO_3$, la valeur moyenne des fréquences de vibration issues du dédoublement de la vibration dégénérée de valence, est supérieure de 30 cm^{-1} à la valeur de référence 1380 cm^{-1}, alors que la fréquence de pulsation est augmentée de 12 cm^{-1} seulement. Bues a montré que la valeur de la fréquence de pulsation s'exprimait en fonction d'un seul paramètre, le volume libre de la fusion. Il est clair que le même paramètre ne peut rendre compte des variations observées pour la fréquence ν_3. En effet, dans une vibration dégénérée, les mouvements des noyaux atomiques sont déphasés, de sorte que le volume de l'ion NO_3^- ne se modifie guère. Le volume libre offert à l'expansion de l'ion NO_3^- devrait donc être sans influence sur la fréquence ν_3. Nous pensons que l'environnement non homogène des charges négatives entourant chaque ion NO_3^- est susceptible d'agir sur le moment dipolaire induit dans cet ion par la vibration dégénérée de valence, ce qui aurait pour effet d'augmenter la fréquence de cette vibration.

Quant au dédoublement de cette vibration, il pourrait s'expliquer par un ralentissement de la rotation des ions NO_3^- dans la fusion, causé par la grande compacité de celle-ci. Cette rotation serait au contraire libre dans les nitrates de sodium et de potassium fondus. En effet, la rotation des ions NO_3^- autour de l'axe ternaire apparaît graduellement vers 280°C dans le cristal de nitrate de sodium. Pour le cristal de nitrate de potassium, l'apparition de la rotation des ions NO_3^- est accompagnée d'une transformation du réseau cristallin qui passe du réseau de l'aragonite à celui de la calcite. Le nitrate de lithium, par contre, ne subit aucune transition de rotation avant la fusion [(4), (5)]. Les forces d'orientation des ions NO_3^- dans le cristal sont plus grandes pour $LiNO_3$ que pour $NaNO_3$ et KNO_3. Il en est sans doute de même pour les fusions où ces forces sont d'autant plus élevées que le volume molaire est plus faible [6].

En nous plaçant dans l'hypothèse des forces de valence, nous avons calculé les constantes de force de l'ion NO_3^-. Les résultats sont consignés dans le tableau II :

TABLEAU II.

Constantes 10^{-5} C.G.S.	Solution 1,7 n $NaNO_3$.	$LiNO_3$ fondu.	KNO_3 fondu.	$NaNO_3$ fondu.	$AgNO_3$ fondu [3].
k....	10,42 ± 0,04	10,66 ± 0,04	10,42 ± 0,04	10,52 ± 0,04	10,16 ± 0,04
k'...	0,63 ± 0,02	0,65 ± 0,06	0,63 ± 0,02	0,65 ± 0,02	0,63 ± 0,06
k''...	1,47 ± 0,02	–	1,47 ± 0,02	1,47 ± 0,02	1,38 ± 0,02

Tous les résultats sont à multiplier par 10^5 dynes/cm. Les calculs ont été faits pour les trois nitrates fondus que nous avons étudiés et nous les avons étendus aux résultats donnés par Bues pour $AgNO_3$ fondu ([3]). Ils montrent que la force de liaison N—O, représentée par la constante k, est très peu modifiée. Il ne semble pas qu'on puisse dire, avec Bues, qu'un véritable abaissement de cette force existe dans l'ion NO_3^- du nitrate d'argent fondu. L'abaissement est de l'ordre de 2,5 %. Il est sensiblement égal à l'accroissement trouvé pour $LiNO_3$. Les forces qui s'opposent aux déformations angulaires, représentées par k', sont invariables. Seule la force qui maintient l'atome d'azote dans le plan des trois atomes d'oxygène est abaissée de façon sensible pour le nitrate d'argent.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) J. P. MATHIEU et M. LOUNSBURY, *Discuss. Faraday Soc.*, 9, 1950, p. 196.
([2]) L. COUTURE, *Ann. Phys.*, 2, 1947, p. 94.
([3]) W. BUES, *Z. Physik. Chem.*, 9, Bd 10, 1957, p. 1-23.
([4]) F. C. KRACEK, T. F. W. BARTH et J. C. KSANDA, *Phys. Rev.*, (2), 40, 1932, p. 1034.
([5]) F. C. KRACEK, E. POSNJAK, et S. B. HENDRICKS, *J. Amer. Chem. Soc.*, 53, 1931, p. 1183, 2609 et 3339.
([6]) F. M. JAEGER, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 101, 1917, p. 1.

(*Laboratoire de thermodynamique. Faculté des Sciences, Marseille.*)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Recherche sur l'existence du niveau à 1,33 MeV des noyaux de magnésium* 26. Note (*) de MM. **Jean Depraz, Bernard Duborgel, Gérard Grenier** et **Raymond Salin**, transmise par M. Francis Perrin.

Un nouveau niveau à 1,33 MeV a été signalé récemment par G. Dearneley et A. T. G. Ferguson. Une étude de la réaction $^{29}Si\,(n, \alpha)\,^{26}Mg$ avec des neutrons de 14 MeV n'a pas permis de mettre en évidence ce niveau.

Introduction. — En 1960, G. Dearneley et A. T. G. Ferguson signalent l'existence d'un nouveau niveau à 1,33 MeV pour ^{26}Mg (*fig.* 1). L'expérience réalisée par les auteurs consiste à soumettre à un flux de neutrons de 7,60 MeV une jonction à barrière de surface au silicium. Sur le spectre α-particule de recul (*fig.* 2) [1], apparaissent l'état fondamental, le niveau à 1,81 MeV déjà connu et le niveau intermédiaire à 1,33 MeV (pic B).

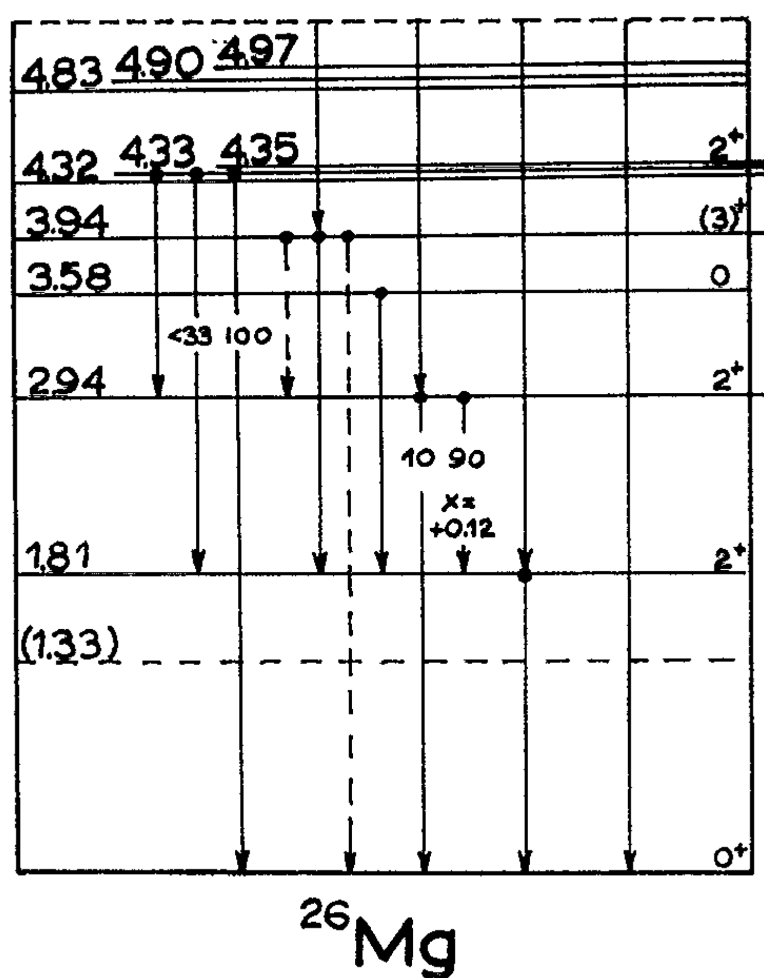


Fig. 1.

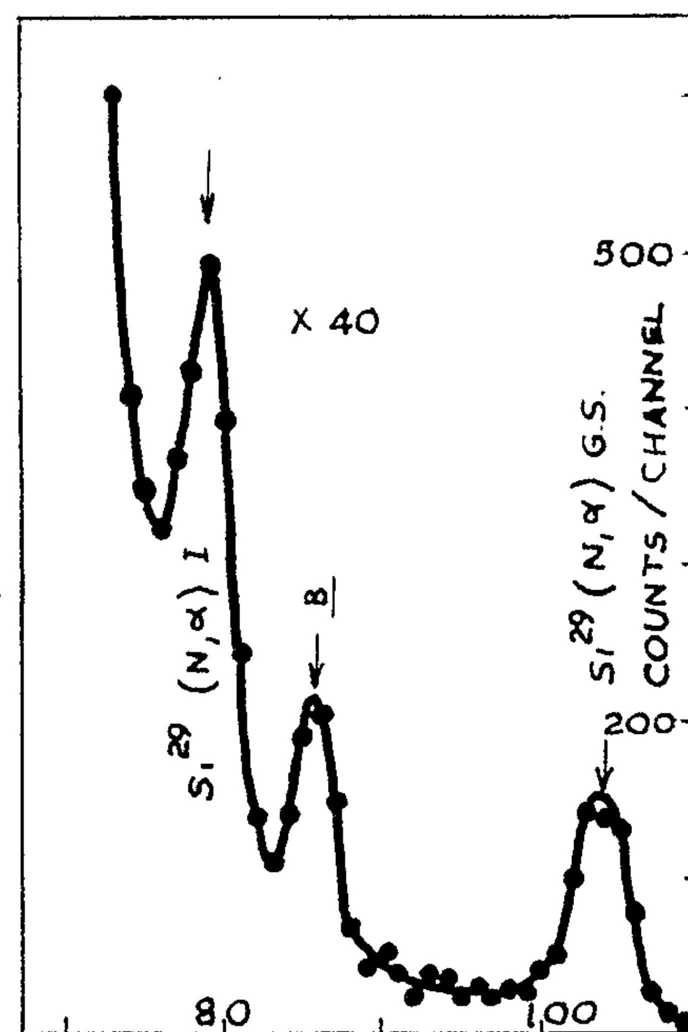


Fig. 2.

Fig. 1. — Schéma des niveaux de ^{26}Mg.

Fig. 2. — Spectre de la réaction $^{29}Si\,(n, \alpha)\,^{26}Mg$ avec des neutrons de 7,60 MeV.

De nombreuses mesures effectuées jusqu'ici avaient permis de fixer de façon précise les divers niveaux de ^{26}Mg, $^{25}Mg\,(d, p)\,^{26}Mg$, $^{26}Mg\,(n, n')\,^{26}Mg^*$, $^{26}Mg\,(p, p')\,^{26}Mg^*$, $^{27}Al\,(t, \alpha)\,^{26}Mg$, $^{27}Al\,(n, d)\,^{26}Mg$, etc. Le niveau à 1,33 MeV signalé par Dearneley et ses collaborateurs semble donc être passé inaperçu. Des raisons théoriques telles que cette règle générale d'après laquelle les noyaux pairs-pairs ont leurs premiers états excités élevés, militent en

faveur de la non-existence de ce niveau inconnu. C'est pourquoi, nous avons entrepris l'étude de la réaction ^{29}Si (n, α) ^{26}Mg avec des neutrons de 14 MeV.

Résultats. — La figure 3 montre l'ensemble du spectre correspondant aux réactions ^{28}Si (n, α) ^{25}Mg et ^{29}Si (n, α) ^{26}Mg. On reconnaît facilement

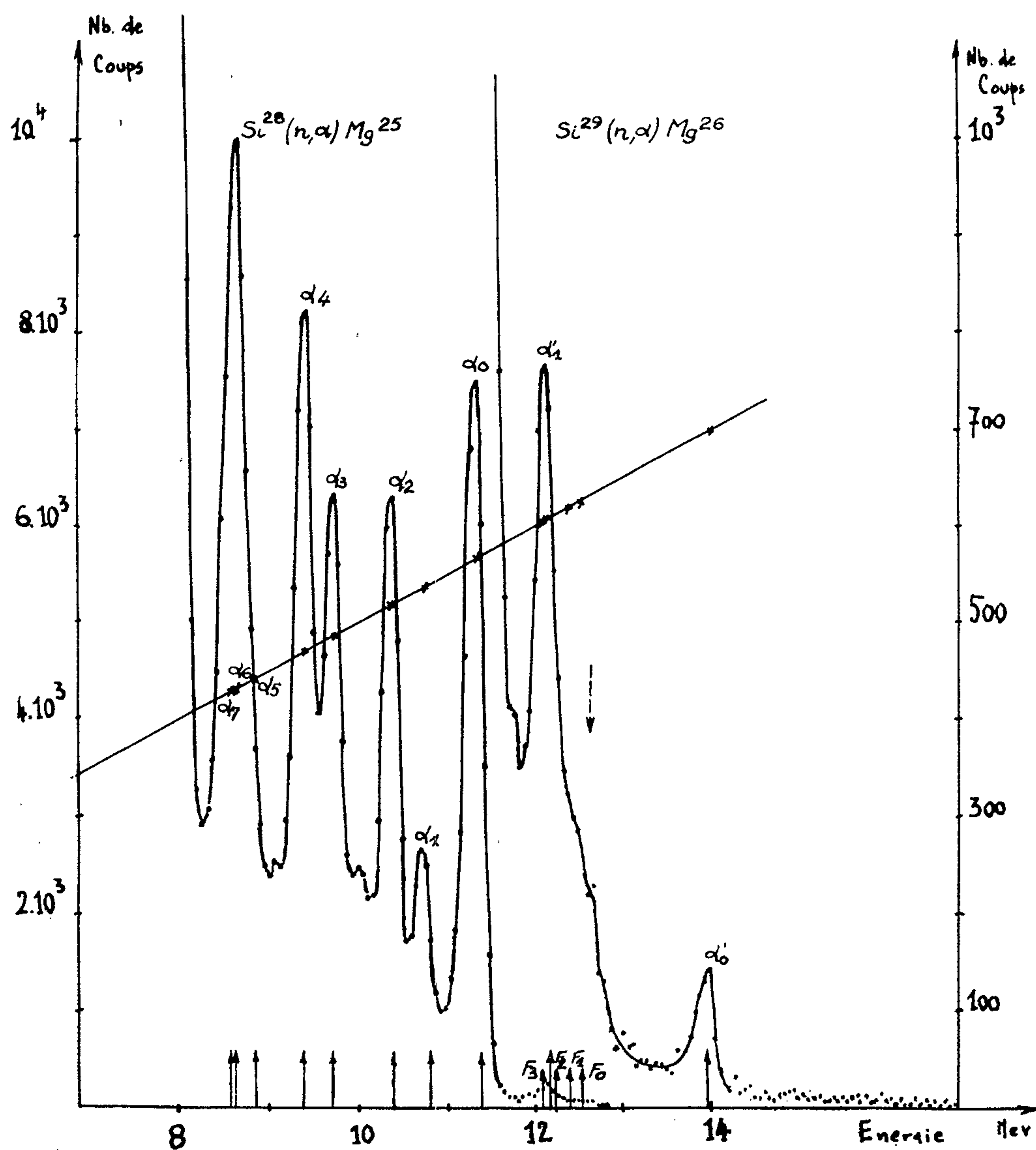
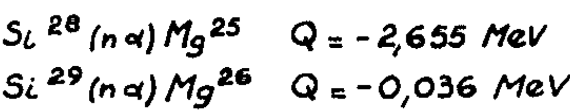


Fig. 3. — Spectre des réactions ^{28}Si (n, α) ^{25}Mg, ^{29}Si (n, α) ^{26}Mg avec des neutrons de 14 MeV.

les divers niveaux de ^{25}Mg; les énergies particule α-noyau de recul sont indiquées dans le tableau I. Le fondamental α_0 et le doublet α_6-α_7 qui sont bien définis, nous permettent un étalonnage précis en énergie. Les pics α'_0 et α'_1 correspondent aux deux niveaux bien connus de ^{26}Mg, le fondamental et le niveau à 1,81 MeV (*voir* tableau I). Par contre, le niveau

à 1,33 MeV indiqué par une flèche en pointillé sur la figure 3 n'apparaît pas. Il faut remarquer toutefois que le pic α'_1 est assez élargi à sa base, très probablement par les α provenant de la réaction parasite ^{19}F (n, α) ^{16}N qui se produit sur le fluorure de silicium formé au cours de la fabrication de la jonction. Ces α repérés par F_0, F_1, F_2, F_3 encadrent le pic α'_1 (tableau II).

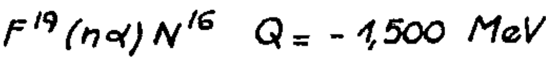
Tableau I



Mg^{25}	α_0	α_1	α_2	α_3	α_4	α_6	α_7
	11,345 MeV	10,761	10,369	9,734	9,385	8,609	8,542

Mg^{26}	α'_0	niveau à 1,33 MeV	α'_1
	13,964 MeV	12,634	12,154

Tableau II



N^{16}	F_0	F_1	F_2	F_3
	12,500 MeV	12,380	12,205	12,108

Très récemment, G. Dearneley et A. T. G. Ferguson (²) qui utilisaient des deutons de 5 MeV sur une cible mince de titane deutérié ont suggéré que le pic à 1,33 MeV qu'ils avaient observé serait dû à la réaction ^{28}Si (n, α) ^{25}Mg par des neutrons provenant de la réaction ^{48}Ti (d, n) ^{49}V. A l'énergie de deutons où nous fonctionnons, ce groupe parasite de neutrons ne peut altérer notre spectre. Notons que nous avons répété un grand nombre de mesures pour des énergies de neutrons de 13 à 15 MeV et que nos résultats ont toujours concordé. Il y a tout lieu de croire que ce niveau à 1,33 MeV n'existe probablement pas.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(¹) G. Dearneley et A. T. G. Ferguson, *Proc. Rutherford Memorial Conference*, Heywood and Co, Manchester, 1961.

(²) G. Dearneley et A. T. G. Ferguson, *Phys. Rev. Lett.*, 1, nº 6, 1962, p. 196.

(Institut de Physique nucléaire, Lyon.)

RÉSONANCE MAGNÉTIQUE NUCLÉAIRE. — *Résonance magnétique dans un liquide anisotrope à symétrie axiale.* Note (*) de M. **Étienne Boileau**, transmise par M. Louis Néel.

On sait que les zéolites contiennent des molécules d'eau mobiles sur lesquelles on a observé un dédoublement de la raie du proton, et ce dédoublement s'explique en admettant que le mouvement des molécules d'eau est anisotrope [(1), (2)]. Dans le cas où, statistiquement, le mouvement est à symétrie axiale, on peut attribuer à l'orientation des molécules d'eau, une loi de probabilité développée en polynomes de Legendre (ceci est certainement rigoureux pour les zéolites à symétrie hexagonale); cette loi permet de calculer le dédoublement ΔH, qui s'exprime en fonction du coefficient de P_2 uniquement [(1), (2)], et donc le détermine parfaitement. Nous avons montré que le coefficient de P_4 intervient dans trois phénomènes différents : les anisotropies sur T_1, T_2 et le couplage entre les polarisations des deux raies; on dispose donc d'un nouveau test expérimental du modèle utilisé.

Soit A l'axe pour la loi du mouvement, u la direction joignant les deux protons d'une moécule d'eau et H_m le champ magnétique; nous posons

$$\psi = (A, u), \qquad \alpha = (A, H_m), \qquad \theta = (H_m, u);$$

$$\pi(\psi) = \frac{1}{4\pi}[1 + \lambda_2 P_2(\cos\psi) + \lambda_4 P_4(\cos\psi) + \ldots],$$

$\pi(\psi)\, 2\pi \sin\psi\, d\psi$ étant la probabilité de trouver u dans l'angle solide défini par $(\psi, \psi + d\psi)$.

Les calculs font intervenir les fonctions de corrélation des fonctions $1 - 3\cos^2\theta$, $\sin\theta\cos\theta$ et $\sin^2\theta$; on peut les exprimer à l'aide de trois temps de corrélation différents t_0, t_1 et t_2 sous la forme Qe^{-t/t_0}, Re^{-t/t_1} et Se^{-t/t_2} avec

$$Q = \overline{(1 - 3\cos^2\theta)^2}, \qquad R = \overline{\sin^2\theta\cos^2\theta}, \qquad S = \overline{\sin^4\theta} \qquad \text{(valeurs moyennes)}$$

et l'on trouve

$$Q = \frac{4}{5} - \frac{4\lambda_2}{35} + \frac{3\lambda_4}{35} + \left(\frac{12\lambda_2}{35} - \frac{6}{7}\lambda_4\right)\cos^2\alpha + \lambda_4\cos^4\alpha,$$

$$R = \frac{2}{15} - \frac{\lambda_2 + \lambda_4}{105} + \left(\frac{\lambda_2}{35} + \frac{2\lambda_4}{21}\right)\cos^2\alpha - \frac{\lambda_4}{9}\cos^4\alpha,$$

$$S = \frac{8}{15} - \frac{\lambda_4 + 8\lambda_2}{105} - \left(\frac{8\lambda_2}{35} + \frac{6\lambda_4}{63}\right)\cos^2\alpha + \frac{\lambda_4}{9}\cos^4\alpha.$$

Soit $H = H_z + H_1$ l'hamiltonien du système de deux protons d'une molécule d'eau (H_z, terme Zeemann; H_1, interaction dipolaire). Le mouvement étant anisotrope, $\overline{H}_1$ (valeur moyenne de H_1) est non nul, et l'on se ramène à une perturbation de moyenne nulle en prenant comme hamiltonien indépendant du temps $H_0 = H_z + \overline{H}_1$.

H_0 est analogue à celui d'un système fixe [(3), chap. VIII] et l'on constate que seuls les trois niveaux de l'état triplet sont à considérer. Les deux raies observées correspondent aux transitions ω_a et ω_b

$$\omega_b - \omega_a = \frac{3}{10}\frac{\gamma^2 h}{r^3}\lambda_2(1 - 3\cos^2\alpha),$$

ce qui détermine λ_2.

1° *Relaxation de ce système.* — Un calcul élémentaire (utilisant les populations des niveaux) montre que la relaxation est donnée par des équations couplées :

$$\frac{da}{dt} = -\rho(a - a_0) - \sigma(b - b_0),$$

$$\frac{db}{dt} = -\rho'(b - b_0) - \sigma'(a - a_0) \quad (a \text{ et } b \text{ étant les polarisations relatives aux deux raies})$$

avec

$$\rho \cong \rho' = \frac{1}{T_1} = \frac{9}{4}\frac{\gamma^4 h^2}{r^6}\left[R j_1(\omega) + \frac{1}{4} S j_2(2\omega)\right],$$

où

$$j_i(\omega) = \frac{2 t_i}{1 + \omega^2 t_i^2}.$$

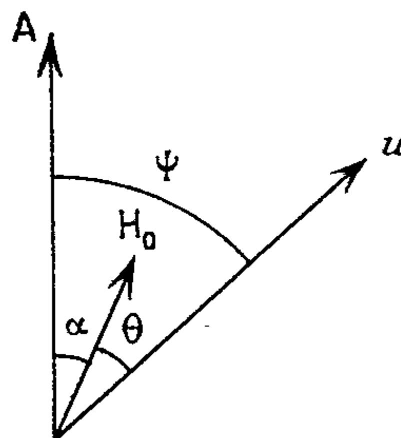


Fig. 1.

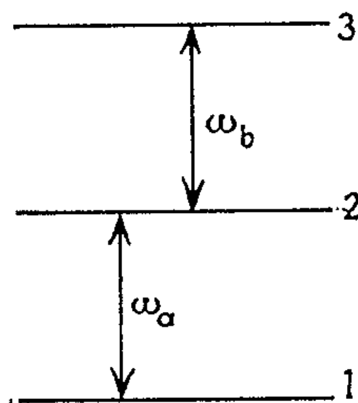


Fig. 2.

On obtient donc un temps de relaxation T_1 anisotrope (par R et S). On obtient également un couplage, qui donne par exemple en régime stationnaire $a = a_0 + (\sigma/\rho)(b_0 - b)$; c'est-à-dire que si l'on sature la transition ω_b, l'intensité de la raie a passe alors de a_0 à $a_0 + (\sigma/\rho)\, b_0$, avec

$$\frac{\sigma}{\rho} = \frac{S j_2(2\omega) - 2R j_1(\omega)}{S j_2(2\omega) + 4R j_1(\omega)}.$$

2° *Largeur de raie.* — La théorie est plus complexe et a été faite par M. Ayant [4] avec des hypothèses plus générales que celles que nous avons adoptées; mais, en particularisant ses résultats, on montre que T_2 peut s'exprimer, dans nos hypothèses, avec les mêmes paramètres que T_1 et σ/ρ.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) DUCROS, *Bull. Soc. Fr. Miner. Crist.*, 83, 1960, p. 85.

(2) P. AVERBUCH, P. DUCROS et X. PARÉ, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 322.

(3) A. ABRAGAM, *Les principes du magnétisme nucléaire.*

(4) Y. AYANT, Communication particulière.

(*Laboratoire d'Électrostatique et de Physique du Métal et de Physique générale, Grenoble.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés magnétooptiques du bromure d'aluminium, des bromoéthylaluminiums et de leurs composés d'addition avec les éthers aliphatiques.* Note (*) de MM. **Fernand Gallais** et **Philippe de Loth**, présentée par M. Paul Pascal.

Une première recherche [1], effectuée dans le but de savoir si l'on peut retrouver pour les dérivés de l'aluminium les propriétés magnétooptiques remarquables qui caractérisent les produits d'addition de certains composés du bore et de nombreuses molécules organiques [2] n'a pas permis d'assimiler sous ce rapport la liaison $O^{+}—^{-}Al$ à la liaison $O^{+}—^{-}B$. Ce résultat pouvant être dû à la différence des produits de départ utilisés, alcoylaluminiums dans un cas et halogénures de bore dans l'autre, il nous a paru nécessaire d'étendre notre recherche à des dérivés halogénés de l'aluminium.

Le fluorure d'aluminium étant hors de cause en raison de sa constitution et de ses propriétés, nous avions pensé commencer cette deuxième étude avec le chlorure, mais l'impossibilité où nous nous sommes trouvés d'en mesurer les constantes magnétooptiques dans un solvant convenable nous a amenés à utiliser le bromure et son produit d'addition équimoléculaire avec l'éther éthylique.

Le bromure dont nous sommes partis était un produit commercial de qualité, purifié par distillation au moment de l'emploi sous une pression de 20 à 25 mm en présence de copeaux d'aluminium. Son composé d'addition avec l'éther a été obtenu en plaçant les deux constituants dans les branches verticales d'un tube en H et en laissant l'éther diffuser vers le bromure pendant une nuit à la température ordinaire; après élimination de l'excès d'éther, on obtient un solide incolore qui peut être distillé sans décomposition sous une pression de 2 mm (F 44-45°C).

Analyse : Br %, trouvé, 70,20; calculé, 70,33.

Les mesures de pouvoir rotatoire magnétique ont été effectuées avec le dispositif habituel du laboratoire ($\lambda = 0{,}5780\ \mu$) [3]. Elles ont porté pour Br_3Al à la fois sur le produit liquide à 110°C et sur des solutions dans CS_2, solvant dans lequel il ne paraît y avoir ni réaction ni solvatation puisque la conductibilité des solutions demeure très faible [4], tandis que l'ébulliométrie [5] y indique l'existence des molécules habituelles Br_6Al_2. Nous avons examiné dix de ces solutions dont les concentrations allaient de 10 à 88 g de Br_3Al pour 100 ml de solution. La combinaison d'addition, pour sa part, a été examinée à l'état fondu à 57°C et en solution dans C_2H_5Br. Les valeurs qui apparaissent dans les premières lignes du tableau I (rotations magnétiques spécifiques et moléculaires) correspondent à la moyenne de nos déterminations tant pour l'état fondu que l'état dissous. Dans les deux cas il apparaît un écart de 1 à 2 % entre les constantes des

corps fondu et dissous; cet écart étant peu significatif, nous avons retenu des valeurs moyennes (colonne *a*).

A partir de la rotation moléculaire de Br_3Al et de celle de l'éther nous avons calculé par additivité (colonne *b*) la rotation moléculaire que devrait présenter le composé d'addition si ses constituants s'y trouvaient simplement juxtaposés. La différence (*a*) — (*b*) représente, en toute première approximation et toutes réserves faites quant à l'influence des phénomènes d'association, l'incrément de rotation dû à la formation de la liaison $O^+—^-Al$. On constate que ce module est *négatif*; la liaison $O^+—^-Al$ s'apparente par ce caractère à la liaison $O^+—^-B$ des composés homologues de Cl_3B, alors qu'elle s'en différencie dans les éthérates du triéthylaluminium où son module est *positif* (+ 15 à 20 μr).

Cette constatation nous a incités à étendre notre étude aux composés que peuvent former les molécules $(C_2H_5)Br_2Al$ et $(C_2H_5)_2BrAl$, termes de passage entre Br_3Al et $(C_2H_5)_3Al$.

Le mono- et le dibromoéthylaluminium ont été préparés suivant la technique de Grosse et Mavity [6].

Analyses :

$(C_2H_5)Br_2Al$: Br %, trouvé, 74,10; calculé, 74,04;
$(C_2H_5)_2BrAl$: » » 48,2; » 48,4.

Les composés d'addition ont tous été préparés par mélange très lent du bromoalcoylaluminium à un excès d'éther refroidi au voisinage de —70°C et extraits par distillation sous une pression de l'ordre du millimètre.

TABLEAU I.

	É (°C/mm).	d_4^t.	[ρ] (μr).	$[\rho]_M$ (μr) (*a*) trouvé.	$[\rho]_M$ (μr) (*b*) calculé.	(*a*)—(*b*)
Br_3Al :						
liquide	–	$2{,}610^{(110)}$	4,677	1247	–	–
en sol. dans CS_2	–	–	4,586	1223	–	–
		Moyenne générale :		1235	–	–
$(C_2H_5)_2O$	–	–	–	$343^{(7)}$	–	–
$Br_3Al.O(C_2H_5)_2$:						
liquide	–	$1{,}840^{(57)}$	4,479	1526	–	–
en sol. dans C_2H_5Br	–	–	4,522	1541	–	–
		Moyenne générale :		1533	1578	— 45
$(C_2H_5)Br_2Al$	106_3	$2{,}034^{(30)}$	5,194	1121	–	–
$(C_2H_5)Br_2Al.O(C_2H_5)_2$	$96{,}5_5$	$1{,}558^{(20)}$	4,669	1354	1464	—110
$(C_2H_5)_2BrAl$	$99\text{-}100_{0,9}$	$1{,}309^{(20)}$	5,860	967	–	–
$(C_2H_5)_2BrAl.O(C_2H_5)_2$	$108_{1,5}$	$1{,}133^{(20)}$	5,552	1327	1310	+ 17
$(n\text{-}C_3H_7)_2O$	–	–	–	$484^{(7)}$	–	–
$(C_2H_5)_2BrAl.O(n\text{-}C_3H_7)_2$	$101_{0,4}$	$1{,}097^{(20)}$	5,513	1473	1451	+ 22
$(n\text{-}C_4H_9)_2O$	–	–	–	$630^{(7)}$	–	–
$(C_2H_5)_2BrAl.O(n\text{-}C_4H_9)_2$	$108\text{–}109_{0,2}$	$1{,}059^{(20)}$	5,459	1611	1597	+ 14

Analyses :

$(C_2H_5)Br_2Al.O(C_2H_5)_2$	:	Br %,	trouvé,	55,3;	calculé,	55,11;
$(C_2H_5)_2BrAl.O(C_2H_5)_2$	:	»	»	33,3;	»	33,41;
$(C_2H_5)_2BrAl.O(n\text{-}C_3H_7)_2$	:	»	»	30,0;	»	29,90;
$(C_2H_5)_2BrAl.O(n\text{-}C_4H_9)_2$	:	»	»	26,6;	»	27,06.

On trouvera, dans le tableau I, les densités et points d'ébullition de ces six produits et spécialement leur rotation magnétique moléculaire mesurée sur les liquides purs.

Le module de la liaison $O^+—^-Al$ étant évalué comme précédemment [colonne (*a*) — (*b*)], on voit qu'il est négatif pour le dérivé de $(C_2H_5)Br_2Al$ et positif pour ceux de $(C_2H_5)_2BrAl$.

En résumant l'ensemble de nos résultats, on voit que le module de la liaison $O^+—^-Al$ est *positif* dans les composés d'addition des éthers avec $(C_2H_5)_3Al$ et $(C_2H_5)_2BrAl$, tandis qu'il est *négatif* dans leurs composés d'addition avec $(C_2H_5)Br_2Al$ et Br_3Al.

L'influence de la nature des atomes ou des radicaux liés à l'aluminium apparaît ainsi clairement, c'est-à-dire en fait, celle du degré de polarité que peut atteindre, dans ces composés, la liaison donneur-accepteur.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) F. Gallais et Ph. de Loth, *Comptes rendus*, 155, 1962, p. 2755.
(2) J. P. Laurent, *Ann. Chim.*, [13], 6, 1961, p. 677.
(3) F. Gallais et D. Voigt, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 1292.
(4) W. A. Plotnikow, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 56, 1908, p. 53.
(5) E. P. Kohler, *Amer. Chem. J.*, 24, 1900, p. 385.
(6) A. Grosse et J. M. Mavity, *J. org. Chem.*, 5, 1940, p. 106.
(7) *Constantes sélectionnées, Pouvoir rotatoire magnétique* (*Effet Faraday*), Hermann et Cie, Paris, 1951.

(*Laboratoires de Chimie générale et minérale, 38, rue des Trente-Six-Ponts, Toulouse.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude par spectrométrie infrarouge, de l'équilibre entre hydroxyles libres et hydroxyles liés intramoléculairement dans quelques β-glycols.* Note (*) de MM. **Henri Buc** et **Jean Néel**, présentée par M. Georges Champetier.

Nous avons déterminé, pour plusieurs β-diols, le nombre de ponts hydrogène intramoléculaires par molécule de glycol. Le déplacement de l'équilibre par la température permet de calculer l'enthalpie de la réaction.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons étudié les spectres d'absorption de plusieurs β-diols aliphatiques, en solution très diluée dans le tétrachlorure de carbone, dans la zone de fréquences 3 400-3 650 cm^{-1}. Nous avons utilisé la même technique pour déterminer le nombre de ponts intramoléculaires dans ces glycols. Pour cela, nous avons enregistré, à cinq températures comprises entre 25° et 65°, et pour plusieurs concentrations inférieures à 0,004 M, les spectres d'absorption du propanediol-1.3, du butanediol-1.3, du mésopentanediol-2.4 et du *d-l*-pentanediol-2.4. Après résolution graphique des bandes, nous avons déterminé les coefficients d'absorption intégrée correspondant aux deux vibrateurs :

$$(1)\quad \begin{cases} \mathcal{A} = \dfrac{2,303}{cl}\displaystyle\int_{\substack{\text{bande de}\\ \text{l'OH libre}}} \log_{10}\frac{I_0}{I_\nu}\,d\nu, \\ \mathcal{A}' = \dfrac{2,303}{cl}\displaystyle\int_{\substack{\text{bande de}\\ \text{l'OH lié}}} \log_{10}\frac{I_0}{I_\nu}\,d\nu. \end{cases}$$

Pour les glycols symétriques possédant deux groupes alcool de même classe, nous avons supposé que tout oscillateur OH non engagé dans un pont hydrogène a le même coefficient d'absorption intégrée que le monoalcool comptant le même nombre d'atomes de carbone et portant son groupement OH au même endroit de la chaîne. Nous avons déterminé dans les mêmes conditions les coefficients d'absorption $\mathcal{A}_0$ de ces alcools. Le nombre n d'hydroxyles non engagés par molécule de glycol est alors donné par

$$(2)\qquad \mathcal{A} = n\mathcal{A}_0,$$

le nombre de ponts hydrogène étant $n' = 2 - n$. On constate expérimentalement que $\mathcal{A}'$ est proportionnel à n', le coefficient de proportionnalité λ étant indépendant du β-glycol étudié, ce qui nous permet de définir λ comme le coefficient d'absorption intégrée du vibrateur OH engagé dans un pont hydrogène intramoléculaire :

$$(3)\qquad \mathcal{A}' = \lambda n' = \lambda(2 - n), \qquad \text{avec} \quad \lambda = 1,17 \pm 0,03 \text{ U. I. à } 25°.$$

Dans le cas du butanediol-1.3, les deux groupes OH ne sont pas de même classe. Si l'on suppose [à ce sujet *voir* (1)] que l'hydrogène engagé dans la liaison intramoléculaire est toujours celui qui appartient à la fonction OH primaire, on déterminera n par

$$\mathcal{A} = \mathcal{A}_2 + (n_1 - 1)\mathcal{A}_1, \tag{4}$$

$\mathcal{A}_1$ et $\mathcal{A}_2$ étant respectivement les coefficients d'absorption intégrée du butanol-1 et du butanol-2. Le fait que le nombre n_1 calculé de cette façon vérifie encore à toute température la relation (3) plaide en faveur de cette hypothèse. Les autres mécanismes possibles de chélation — double chélation intramoléculaire ou liaison de l'hydrogène de l'alcool secondaire sur l'oxygène de l'alcool primaire — conduisent à des valeurs de n notées n_2 et n_3 dans le tableau. Ces valeurs ne sont pas en accord avec la relation (3).

Coefficients d'absorption intégrée

(en unités internationales : 10^4 mole^{-1}.l.cm^{-2}).

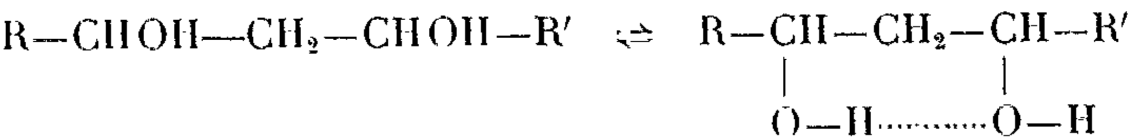
Nature des composés.	25°.	35°.	45°.	55°.	65°.
Propanol-1	0,44	0,43	0,42	0,41	0,40
Propanediol-1.3 bande OH libre	0,68	0,67	0,67	0,66	0,65
Propanediol-1.3 bande OH lié	0,56	0,53	0,49	0,45	0,42
Pentanol-2	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30
Mésopentanediol-2.4 bande OH libre (*)	$0,34_5$	$0,34_5$	$0,34_5$	0,34	0,34
Mésopentanediol-2.4 bande OH lié	1,15	1,11	1,08	1,04	1,01
d-l-pentanediol-2.4 bande OH libre (*)	0,46	0,46	0,45	0,44	0,43
d-l-pentanediol-2.4 bande OR lié	0,76	0,73	0,70	0,67	0,64
Butanol-1	0,45	0,44	0,42	0,41	0,40
Butanol-2	0,35	0,33	0,31	0,29	0,27
Butanediol-1.3 bande OH libre	0,46	0,45	0,44	0,43	0,41
Butanediol-1.3 bande OHlié	0,88	0,84	0,79	0,75	0,71

Valeurs de n.

	25°.	35°.	45°.	55°.	65°.
Propanediol-1.3	1,54	1,56	1,59	1,61	1,63
d-l-pentanediol-2.4	1,35	1,39	1,41	1,42	1,46
Mésopentanediol-2.4	1,02	1,05	1,08	1,10	1,12
Butanediol-1.3. n_1	1,25	1,28	1,31	1,34	1,37
Butanediol-1.3. n_2	1,15	1,17	1,20	1,22	1,23
Butanediol-1.3. n_3	1,02	1,03	1,06	1,07	1,08

(*) Composés identifiés par comparaison avec un pentanediol-2.4 optiquement actif obtenu par réduction biochimique asymétrique de l'acétylacétone. Les spectres de résonance magnétique nucléaire à 60 Mc confirment cette identification.

A partir des valeurs de n obtenues pour chaque diol, il est alors possible de déterminer les constantes K de l'équilibre



en supposant qu'il n'existe pas de structure doublement chélatée. La variation de K avec la température conduit aux valeurs suivantes de l'enthalpie de réaction :

Propanediol-1.3	ΔH = − 2,0 ± 0,3 kcal/mole
d-l-pentanediol-2.4	ΔH = − 2,4 ± 0,5 »
Butanediol-1.3	ΔH = − 2,9 ± 0,7 »

Pour le mésopentanediol-2.4, *n* étant voisin de 1, il est impossible d'obtenir par cette expérience une valeur précise de l'enthalpie de réaction; on peut toutefois affirmer que sa valeur absolue est supérieure à 3,9 kcal/mole.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) H. Buc et J. Néel, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1786.

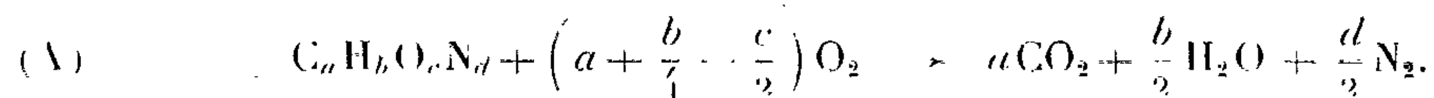
(*Laboratoire de Chimie macromoléculaire de l'École Supérieure de Physique et de Chimie 10, rue Vauquelin, Paris, 5e.*)

THERMOCHIMIE. — *Détermination microcalorimétrique des chaleurs de combustion : Étude des corrections calorimétriques.* Note (*) de M. **Henri Tachoire**, présentée par M. Georges Champetier.

Nous avons décrit précédemment [(1), (2)], une méthode de mesure microcalorimétrique des chaleurs de combustion : Le système détecteur utilisé (calorimètre Calvet) et la faible importance des quantités de substance employées (une dizaine de milligrammes) permettent, par rapport à la méthode classique, des simplifications sur le plan expérimental et sur celui des corrections calorimétriques. Dans les mémoires cités, nous nous sommes attachés à la description de la technique expérimentale : nous allons examiner ici le problème des corrections calorimétriques.

Ces corrections ont pour but de déterminer la variation d'enthalpie ramenée aux conditions normales de la réaction étudiée.

Supposons que la formule brute de la substance-échantillon soit $C_aH_bO_cN_d$; la réaction dont on cherche la variation d'enthalpie s'écrit :



$$(A)\qquad C_aH_bO_cN_d + \left(a + \frac{b}{4} - \frac{c}{2}\right) O_2 \rightarrow aCO_2 + \frac{b}{2} H_2O + \frac{d}{2} N_2.$$

Réactifs et produits de la réaction se trouvent dans les conditions normales représentées par les états suivants :

— Substance étudiée : état de stabilité maximale à 25°C sous 1 atm.

— Gaz (O_2, N_2, CO_2) : température $t = 25$°C; pression $P = 1$ atm.

— Eau : état liquide, température $t = 25$°C, pression $P = 1$ atm.

La réaction qui se produit dans la bombe microcalorimétrique est sensiblement différente de cette réaction idéale :

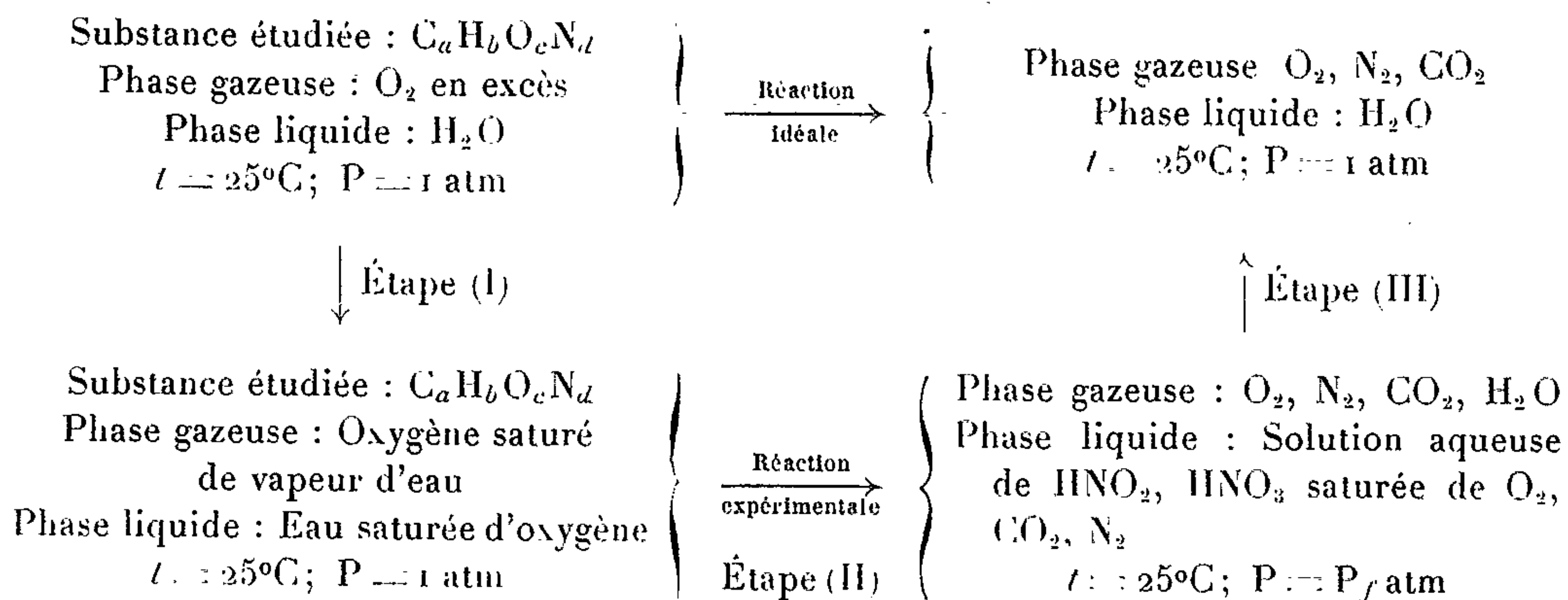
— Avant la mise de feu, la pression dans la bombe est 1 atm et la température est 25°C.

— Après la combustion, la température est encore 25°C (le calorimètre est isotherme) mais la pression est devenue $P = P_f$ atm.

D'autre part, lors du remplissage, il est nécessaire de placer dans la bombe une petite quantité d'eau pour saturer de vapeur l'oxygène servant à la combustion; en présence de cette vapeur d'eau, les oxydes d'azote qui se forment conduisent à des acides (HNO_2, HNO_3) qui peuvent être dosés en fin d'expérience.

Pour relier la réaction idéale à la réaction expérimentale, on est amené à imaginer le cycle suivant (3) : Deux étapes de ce cycle sont constituées par les réactions précédentes, les deux autres étapes sont des transfor-

mations imaginaires qui constituent les corrections calorimétriques proprement dites.



On obtient la variation d'énergie interne liée à la réaction idéale (A) en faisant la somme des variations d'énergie interne liées aux étapes (I), (II) et (III).

Notation. — La variation d'énergie interne liée à une transformation T se produisant au cours de l'étape *i* sera représentée par ΔE_i (T).

Le nombre de moles d'une substance X se rapportant à l'étape *i* sera représenté par $n_i(X)$.

Variation d'énergie interne liée à l'étape (I). — La variation d'énergie interne correspondant à la vaporisation de la quantité d'eau nécessaire à la saturation de l'oxygène est

$$\Delta E_1(\text{vap. } H_2O) = \Delta E(\text{vap. } H_2O).n_1(H_2O \text{ vap.}).$$

La précision relative des mesures (4/1000) permet de négliger la variation d'énergie interne liée à la dissolution de l'oxygène dans la phase liquide.

Variation d'énergie interne liée à l'étape (II). — Elle est déterminée par le système calorimétrique de mesure.

Variation d'énergie interne liée à l'étape (III). — Le calcul montre que la variation d'énergie interne correspondant à l'extraction des gaz dissous dans la phase liquide est négligeable; il en est de même de la variation d'énergie interne liée à la décompression des phases liquide et gazeuse.

Seuls sont significatifs les termes correspondant d'une part à la condensation de l'eau se trouvant à l'état de vapeur et d'autre part à la décomposition des acides formés : ces variations d'énergie interne sont respectivement :

$$\Delta E_3(\text{vap. } H_2O) = \Delta E(\text{vap. } H_2O).n_3(H_2O \text{ vap.}),$$

$$\Delta E_3(\text{décomp. } HNO_2, HNO_3)\begin{cases}\Delta E(\text{décomp. } HNO_2).n_3(HNO_2),\\ \Delta E(\text{décomp. } HNO_3).n_3(HNO_3).\end{cases}$$

La somme des variations d'énergie interne ainsi déterminées se rapporte à la réaction (A) : Après avoir calculé la variation molaire ΔE^0, il est facile d'obtenir la variation d'enthalpie molaire par la relation

$$\Delta H^0 = \Delta E^0 + \Delta (PV)^0.$$

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(¹) E. CALVET, P. CHOVIN, H. MOUREU et H. TACHOIRE, *J. Chim. Phys.*, 57, 1960, p. 593.

(²) H. TACHOIRE, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 477.

(³) F. D. ROSSINI, *Experimental Thermochemistry*, Interscience Publishers, New-York, 1956.

(*Institut de Microcalorimètrie et de Thermogenèse,*
35 *bis, rue de Turenne, Marseille* 3e, (*Bouches-du-Rhône.*)

ÉLECTROCHIMIE. — *Production de zirconium métal par électrolyse ignée à partir d'oxyde de zirconium.* Note (*) de MM. **Claude Decroly**, **André Fontana** et **René Winand**, présentée par M. Georges Chaudron.

Nous avons entamé une étude [1] ayant pour but d'examiner la possibilité de produire le zirconium métallique en électrolysant des mélanges de sels fondus dans des conditions telles que le métal soit produit directement à partir de l'oxyde de zirconium.

Deux voies différentes ont été envisagées pour l'alimentation de la cellule d'électrolyse en oxyde de zirconium : soit l'emploi d'anodes constituées de pastilles formées d'un mélange en proportion stœchiométrique d'oxyde de zirconium et de graphite, soit l'addition directe d'oxyde de zirconium à l'électrolyte fondu.

Dans le premier cas, les pastilles, préalablement durcies par frittage, étaient placées dans un panier en graphite constituant l'amenée de courant anodique, la cathode étant formée par le creuset en graphite contenant le sel fondu.

Nous inspirant tout d'abord d'un travail de Nichkov et al. [2], nous avons cherché à mettre en œuvre un électrolyte formé uniquement de chlorure de sodium fondu. Les résultats ont été négatifs.

Nous nous sommes alors tournés vers des électrolytes ne comportant que des fluorures, en l'occurrence du fluorure de sodium et du tétrafluorure de zirconium. Nous nous inspirions ainsi d'une idée ayant conduit à de bons résultats aux États-Unis dans le cas de l'uranium [3].

Nous avons effectué des électrolyses avec des mélanges de diverses compositions et à diverses températures, les pastilles frittées étant toujours placées dans le panier anodique. Des bains contenant 50 moles % de tétrafluorure de zirconium (point de fusion voisin de 520°C) ont été étudiés à des températures comprises entre 650 et 750°C d'une part, et à des températures comprises entre 900 et 950°C d'autre part. Les conditions d'électrolyses se sont montrées plus favorables lorsqu'on a travaillé à 900-950°C; les courants pouvaient atteindre 130 à 140 A sous des tensions aux bornes de 8 à 9 V. A 750°C, pour la même tension le courant ne dépassait pas 70 A. On a constaté également que l'accroissement du diamètre des trous percés dans le panier de graphite avait une influence favorable sur les conditions de l'électrolyse. On a pu déceler qualitativement la présence de zirconium métal dans le sel proche de la cathode; la récupération de ce métal fut quasi impossible.

Nous avons procédé alors à une série d'essais en utilisant la technique analogue à celle appliquée pour la production de l'aluminium. Cette méthode a été employée avec succès pour la production du thorium [4].

Nous avons donc soumis à l'électrolyse des mélanges fondus de tétrafluorure de zirconium et de fluorure de sodium auxquels nous avons

ajouté une certaine quantité d'oxyde de zirconium. Nous avons effectué les électrolyses dans un appareil formé d'un creuset de graphite contenant les sels fondus et d'une électrode centrale en graphite. Nous avons utilisé l'électrode centrale soit comme anode, soit comme cathode, et réciproquement pour le creuset. Nous avons établi les courbes de polarisation anodiques et cathodiques. Celles-ci ont montré que l'addition d'oxyde de zirconium aux mélanges de fluorures fondus avait pour effet d'abaisser considérablement la polarisation anodique, ce qui semble indiquer qu'on bénéficie de l'énergie de formation des composés oxygénés du carbone aux dépens de l'oxygène associé au zirconium. Nous avons pu également observer l'apparition de l'effet d'anode soit en dépassant la densité de courant critique, soit par manque d'oxyde de zirconium dans le bain. Nous avons pu effectuer des électrolyses de plusieurs heures à des températures comprises entre 950 et 1000°C avec un électrolyte de départ contenant 25 moles % de tétrafluorure de zirconium et dont le poids était de 400 g. En cours d'opération on a ajouté l'oxyde de zirconium par petites portions (5 à 10 g) jusqu'à atteindre 150 g. Dans les conditions opératoires choisies, le courant était de l'ordre de 80 A sous une tension de 5 V. Les meilleurs résultats furent obtenus en utilisant l'électrode centrale comme cathode et le creuset comme anode : de cette façon on évitait l'apparition de l'effet d'anode et l'on rendait plus aisée la récupération du dépôt cathodique. Pour un courant de 80 A on avait une densité de courant cathodique de 160 A/dm^2 et une densité de courant anodique de 40 A/dm^2. Il a été possible de récupérer le métal déposé à la cathode après l'avoir débarrassé des sels qui l'entouraient. Les rendements de courant obtenus étaient assez faibles et ne dépassaient pas 20 %. La poudre métallique, après compression, a été fondue au four à arc à électrode non consommable, en atmosphère d'argon. Le bouton obtenu était fort cassant, ce qui prouve que le zirconium est chargé d'oxygène. Ceci n'est pas étonnant car, ni au cours de l'électrolyse, ni au cours du lavage, on n'avait pris de précautions particulières pour éviter l'oxydation du métal. Les recherches sont poursuivies actuellement, tant en ce qui concerne l'étude des possibilités d'obtenir des meilleurs résultats pratiques, que du point de vue fondamental, où l'on cherche à élucider le mécanisme des processus d'électrodes. Une publication détaillée sera faite ultérieurement.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) A. Fontana, Travail de fin d'étude, Faculté des Sciences appliquées, Université Libre de Bruxelles, 1962.

(2) I. F. Nichkov, O. V. Skiba et S. P. Raspopin, *Tsvetnaya Metallurgia*, 3, 1960, p. 115.

(3) R. D. Piper et R. F. Leiffield, Rapport M. C. W. 1447, 1960 et *Progress Report*, July-September 1960, Contract W-14-108, Eng. O. T. S., 1960.

(4) L. H. Meyer, *J. Electrochem. Soc.*, 107, 1960, p. 43.

(*Université Libre de Bruxelles, Faculté des Sciences appliquées, Laboratoire de Métallurgie et d'Électrochimie.*)

ÉLECTROCHIMIE. — *La corrosion des amalgames de cadmium en milieu acide sulfurique.* Note (*) de Mme **Anne-Marie Baticle**, présentée par M. Georges Champetier.

Il a été établi par Frumkin [1], que pour déterminer la vitesse de dissolution des métaux dans les acides, il est nécessaire de tenir compte des processus partiels d'ionisation et de décharge du métal et de l'hydrogène. Si les vitesses de ces processus pour le métal sont très supérieures aux vitesses correspondantes pour l'hydrogène, la dissolution du métal se produit au potentiel réversible du métal. C'est ce qu'ont observé Kravtsov et Loguinova [2] pour le cadmium et le cadmium amalgamé, et Jofa [3] pour le plomb. L'étude exposée ici concerne la dissolution d'amalgames de cadmium dans l'acide sulfurique demi-molaire.

Toutes les expériences ont été faites sur électrodes à gouttes d'amalgame de période 1,8 s à la température de 25°C. Les amalgames avaient pour concentration : 5, 1,25, 0,333 et 0,091 ‰ et renfermaient du ^{115}Cd comme indicateur radioactif.

La corrosion d'une électrode à goutte d'amalgame dans une solution de H_2SO_4 0,5 M, se traduit par le passage dans la solution d'une certaine quantité de cadmium qui sera mesurée par l'activité acquise par la solution. En opérant sur un temps court (40 à 50 mn) la concentration de la solution en ions Cd^{++} reste négligeable et aucun échange décelable ne peut s'établir entre l'amalgame marqué et la solution.

D'une façon analogue, l'activité passée dans des solutions de H_2SO_4 0,5 M renfermant des ions Cd^{++} mesurera les courants d'échange à l'équilibre pour les mêmes électrodes.

On a opéré d'abord avec des solutions d'acide sulfurique en équilibre avec l'air. Sur plusieurs mesures on a obtenu une vitesse moyenne de corrosion 30.10^{-6} mg/s$\pm 3.10^{-6}$ mg/s. Pour ces solutions, la concentration de l'oxygène dissous est environ $2,5.10^{-4}$M.

Pour des solutions désaérées par barbotage d'azote, la concentration d'oxygène résiduel, calculée à partir du courant limite de diffusion de la première vague polarographique de réduction de l'oxygène, était environ 10^{-5} M. L'activité des échantillons était très faible et les valeurs mesurées assez dispersées. Pour plusieurs mesures, sur le même amalgame ou sur des amalgames différents, on a obtenu les vitesses de corrosion suivantes :

Amalgames	5‰	1,25‰	0,333‰	0,091‰
Corrosion (10^{-6} mg/s)	3,75	3,35	4,7	3,7

On ne peut conclure à une relation entre la concentration des amalgames et la corrosion. En moyenne la vitesse de dissolution était de $3,9.10^{-6}$ mg/s.

On voit que la vitesse de corrosion augmente avec la quantité d'oxygène présente dans la solution.

Dans les mêmes conditions (10^{-5} M d'oxygène dissous), mais avec des solutions de H_2SO_4 0,5 M renfermant des ions Cd^{++}, on a mesuré les potentiels V_0 (croix sur la figure 1) et les courants d'échange à l'équilibre $I_{éq}$, des mêmes électrodes. Pour des solutions de concentrations supérieures à 5.10^{-3} M les courbes V_0 en fonction de log (Cd^{++}) [*fig.* 1 (×)] étaient des droites de pente 29,5 mV. Pour des concentrations plus faibles, les courbes s'écartaient progressivement des droites, les V_0 étant trop positifs. De même, en traçant la courbe log $I_{éq}$ en fonction de log (Cd^{++}) (*fig.* 2) pour amalgame 5 °/₀₀, on a obtenu une courbe pour des concentrations inférieures à 5.10^{-3} M en ions Cd^{++}. Or on sait, d'après une étude précédente ([5]) que dans ces conditions relatives de concentrations les courants $I_{éq}$ sont contrôlés par la diffusion des ions Cd^{++} dans les solutions et $I_{éq}$ est proportionnel à (Cd^{++}).

Il faut donc admettre une variation superficielle des concentrations à l'interface électrode-solution. Un enrichissement superficiel $(\Delta\, Cd^{++})$ de la solution doit correspondre à un appauvrissement $(\Delta\, Cd)$ de l'amalgame. Le potentiel de l'électrode non corrodée étant

$$(1) \qquad V_0 = E_0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{(Cd^{++})}{(Cd)},$$

celui de l'électrode corrodée serait

$$(2) \qquad V_0 = E_0 + \frac{RT}{2F} \ln \frac{(Cd^{++}) + (\Delta Cd^{++})}{(Cd) - (\Delta Cd)},$$

la corrosion amènerait une variation du potentiel d'équilibre :

$$(3) \qquad \Delta V_0 = \frac{RT}{2F} \ln \frac{1 + \dfrac{(\Delta Cd^{++})}{(Cd^{++})}}{1 - \dfrac{(\Delta Cd)}{(Cd)}}.$$

Les courbes de la figure 1 sont parallèles ce qui exclut la variation Δ Cd. Ceci ne signifie pas que Δ Cd n'existe pas, mais la quantité $(\Delta\, Cd)/(Cd)$ est négligeable devant l'unité, les concentrations (Cd) étant relativement élevées. Pour obtenir une variation Δ Cd appréciable, il faudrait utiliser des amalgames très dilués. Ceux-ci sont peu stables et se prêtent mal à ces mesures.

L'équation (3) se simplifie alors

$$(4) \qquad \Delta V_0 = \frac{RT}{2F} \ln \left[1 + \frac{(\Delta Cd^{++})}{(Cd^{++})} \right]$$

et permet de calculer l'enrichissement superficiel en ions. On obtient $(\Delta\, Cd^{++}) = 4{,}5.10^{-4}$ M $\pm$ $1{,}5.10^{-4}$ M. Si l'on tient compte de cette variation de concentration, les courants $I_{éq}$ mesurés correspondent à des

solutions de concentrations enrichies de $4,5 \cdot 10^{-4}$ M et l'on obtient bien (ligne pointillée sur la figure 2) la relation linéaire entre les $I_{éq}$ et les concentrations ioniques.

On a fait une dernière mesure des potentiels des électrodes en diminuant la quantité d'oxygène résiduel. Il n'a pas été possible d'évaluer la concentration en oxygène car la mesure polarographique du courant résiduel ne présente pas nettement les vagues polarographiques de l'oxygène. Cette concentration reste donc très faible. Les potentiels mesurés obéissent à la loi de Nernst jusqu'à $(Cd^{++}) = 5 \cdot 10^{-4}$ M (cercles sur la figure 1). La corrosion est devenue négligeable à la précision des mesures.

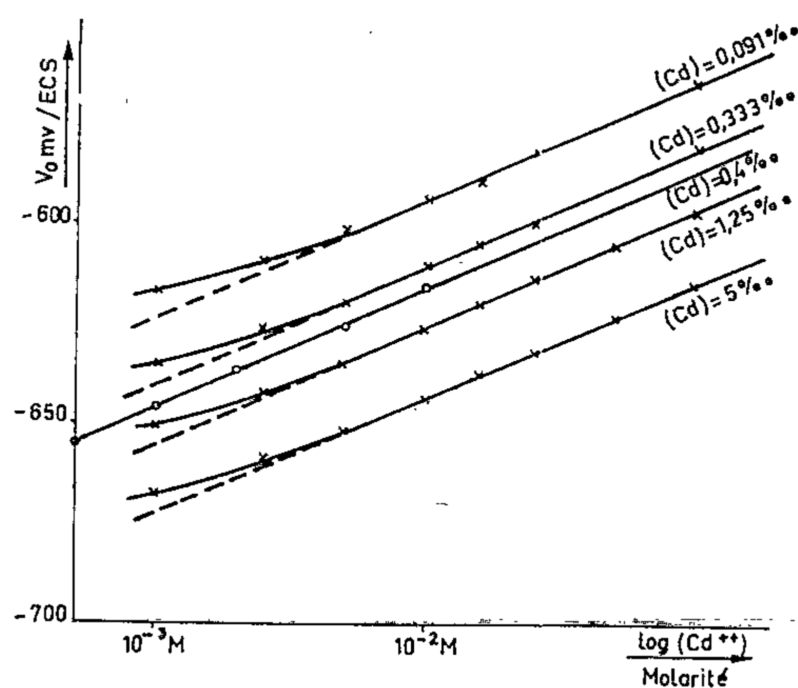


Fig. 1.

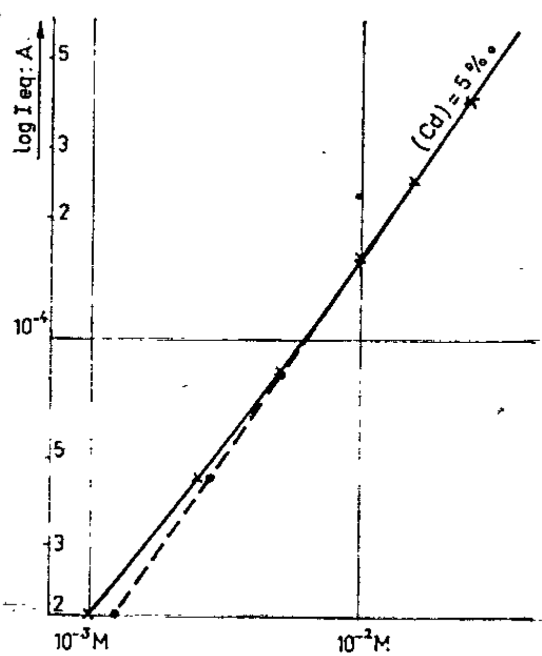


Fig. 2.

Cette étude a permis de montrer que la corrosion de l'amalgame de cadmium à son potentiel d'équilibre est fortement liée à la présence de l'oxygène. De plus la corrosion ne semble pas dépendre de la concentration des amalgames. D'autre part on a mis en évidence la variation des concentrations à l'interface électrode-solution obéissant à l'équation (4) dans les conditions de nos expériences. Toutefois pour des amalgames très dilués l'équation (3) serait seule valable. Enfin, remarquons qu'il est normal, compte tenu des observations de Frumkin ([1]), que la corrosion de l'amalgame de Cd intervienne à son potentiel d'équilibre. En effet, une étude précédente ([4]) a permis de voir que la vitesse des processus décharge et ionisation du cadmium, est très grande : $k_{sa} = 1,5 \cdot 10^{-1}$ cm.s^{-1}.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) A. N. Frumkin, *Troudy. Vtoroï Konferentsii po korizii metallov*, 1, 1940.
([2]) V. I. Kravtsov et I. S. Loguinova, *Zhurn. Fiz. Khim.*, 31, n° 2, 1957, p. 438.
([3]) E. A. Jofa, *Zhurn. Fiz. Khim.*, 19, 1945, p. 117.
([4]) A. M. Baticle, 13e *Réunion du C.I.T.C.E.*, Rome, 1962.
([5]) A. M. Baticle et Y. Thouvenin, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 794.

(*Laboratoire d'Électrolyse du C.R.N.S.*
1, *place Aristide-Briand, Bellevue, Seine-et-Oise.*)

PHYSIQUE DU MÉTAL. — *La recristallisation lors du revenu des aciers martensitiques.* Note (*) de MM. **André Galibois** et **Arthur Dubé**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'analogie entre les propriétés de la martensite et celles des métaux écrouis a conduit l'un d'entre nous ([1]) à supposer que la dureté élevée de ces deux structures serait due à un même type de défauts. Cependant, la recristallisation, phénomène responsable de l'adoucissement des métaux écrouis, n'ayant jamais été observée jusqu'ici au cours du revenu des aciers trempés, certains auteurs ([2]) attribuent l'adoucissement de la martensite à la croissance des sous-grains, plutôt qu'à une recristallisation proprement dite.

Or, la plupart des recherches sur le revenu des aciers trempés ont été réalisées sur des alliages à teneur relativement élevée en carbone; dans ces conditions, la croissance de nouveaux germes pourrait être considérablement gênée par les nombreux carbures et l'observation de la recristallisation deviendrait très difficile. C'est pourquoi nous avons pensé que la recristallisation pourrait être plus facilement observée dans le cas des aciers extra-doux.

Nous avons donc utilisé un acier de pureté commerciale contenant 0,03 % de carbone et 0,25 % de manganèse. Des fils de 0,75 mm de diamètre et d'environ 20 cm de longueur sont chauffés 1 mn en phase γ à 1 050°C en atmosphère d'argon puis trempés dans un bain de saumure maintenu à 20°C. La microdureté mesurée sous une charge de 20 g à l'aide de l'appareil Hanneman ([3]) est alors de 360 kg/mm².

La courbe donnant la variation de la microdureté en fonction de la température de revenu présente une très nette discontinuité à 600°C; pour des revenus de 30 mn à cette température, les résultats se groupent autour de deux valeurs distinctes : 130 et 180 kg/mm². L'observation métallographique nous a permis de distinguer deux types de structures : les grains de plus faible dureté correspondent à de la ferrite tandis que les plus durs sont typiques d'une martensite partiellement revenue.

Il semble donc que la recristallisation se produise lors du revenu de ce type d'acier. Afin de confirmer cette conclusion, nous avons suivi l'évolution structurale durant un revenu sous vide à 625°C; le même endroit de l'échantillon, préalablement trempé et poli, a été observé à l'ambiante après chaque traitement (*fig.* 1 *a* à 1 *c*). On note bien avec l'augmentation du temps de revenu la croissance de grains quasi sphériques de ferrite aux dépens de la martensite partiellement revenue. La structure complètement recristallisée apparaît à la figure 1 *d*.

Des mesures de microdureté ont également été effectuées sur des échantillons trempés et revenus dans un bain de plomb à 587 et

à 625°C (*fig.* 2). On observe d'abord que l'adoucissement des grains non recristallisés et la recristallisation elle-même se produisent plus rapidement à 625°C. De plus, l'écart entre la microdureté des grains non recristallisés et celle des grains recristallisés est plus grand à 587°C. Enfin, la microdureté de ces derniers grains semble indépendante de la température du revenu.

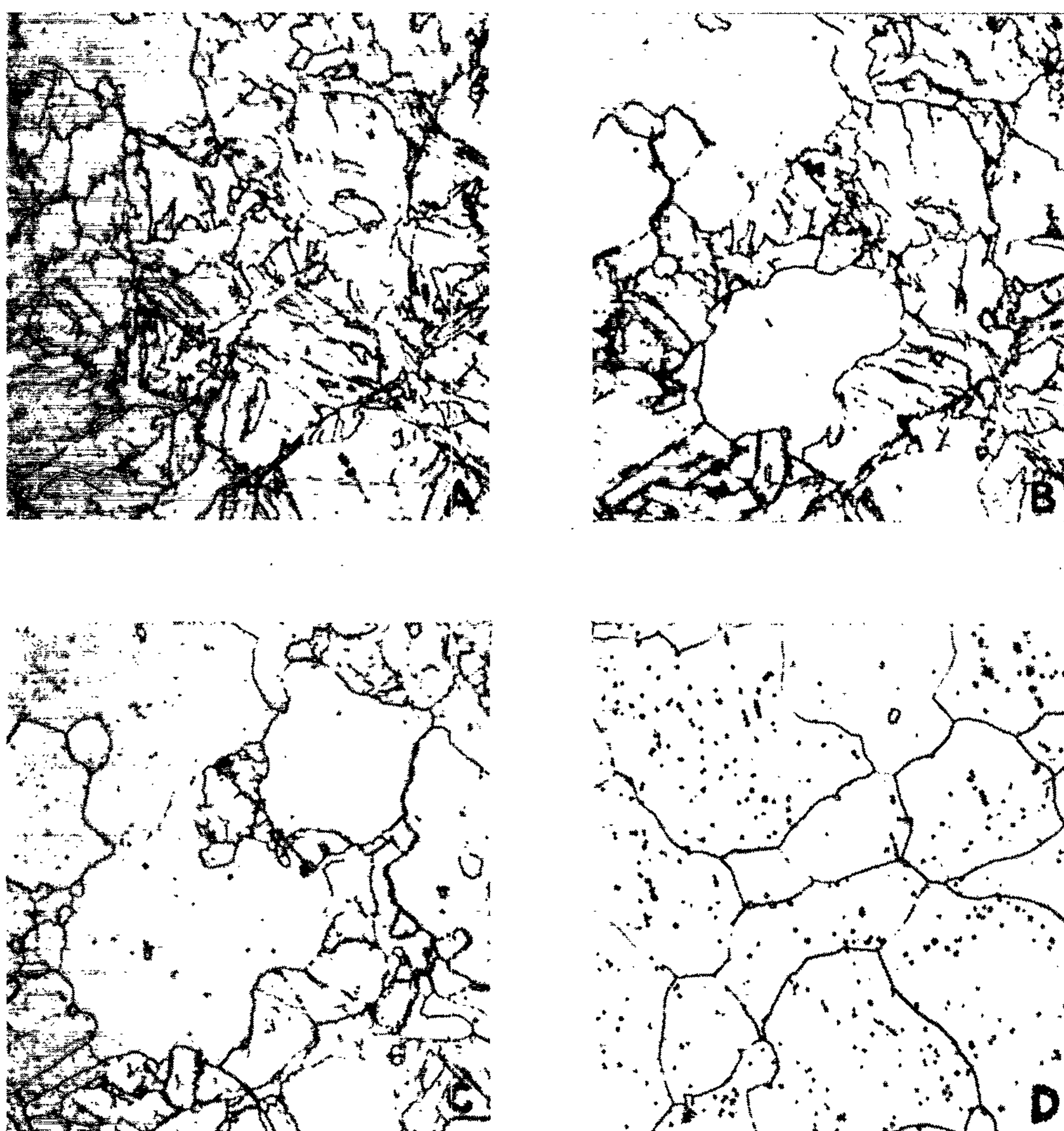


Fig. 1. — Microstructure du même endroit du fil après trempe et revenu à 625°C pendant des temps de : A. 25 mn; B. 45 mn; C. 60 mn et D. 90 mn (G × 1000).

Ces résultats démontrent, à notre avis, que la recristallisation primaire s'effectue durant le revenu des aciers martensitiques extra-doux. Comme la force qui agit sur les parois des nouveaux grains est proportionnelle à l'énergie emmagasinée et donc à la densité de dislocations introduites par le processus du durcissement (¹), nous croyons que la recristallisation

primaire lors du revenu des aciers martensitiques établit que des dislocations en quantités considérables apparaissent à la suite de la transformation austénite-martensite. Une partie du durcissement de la martensite peut donc être attribuée à ces dislocations. Le fait que la microdureté diminue de façon brutale lors de la recristallisation confirme ce point

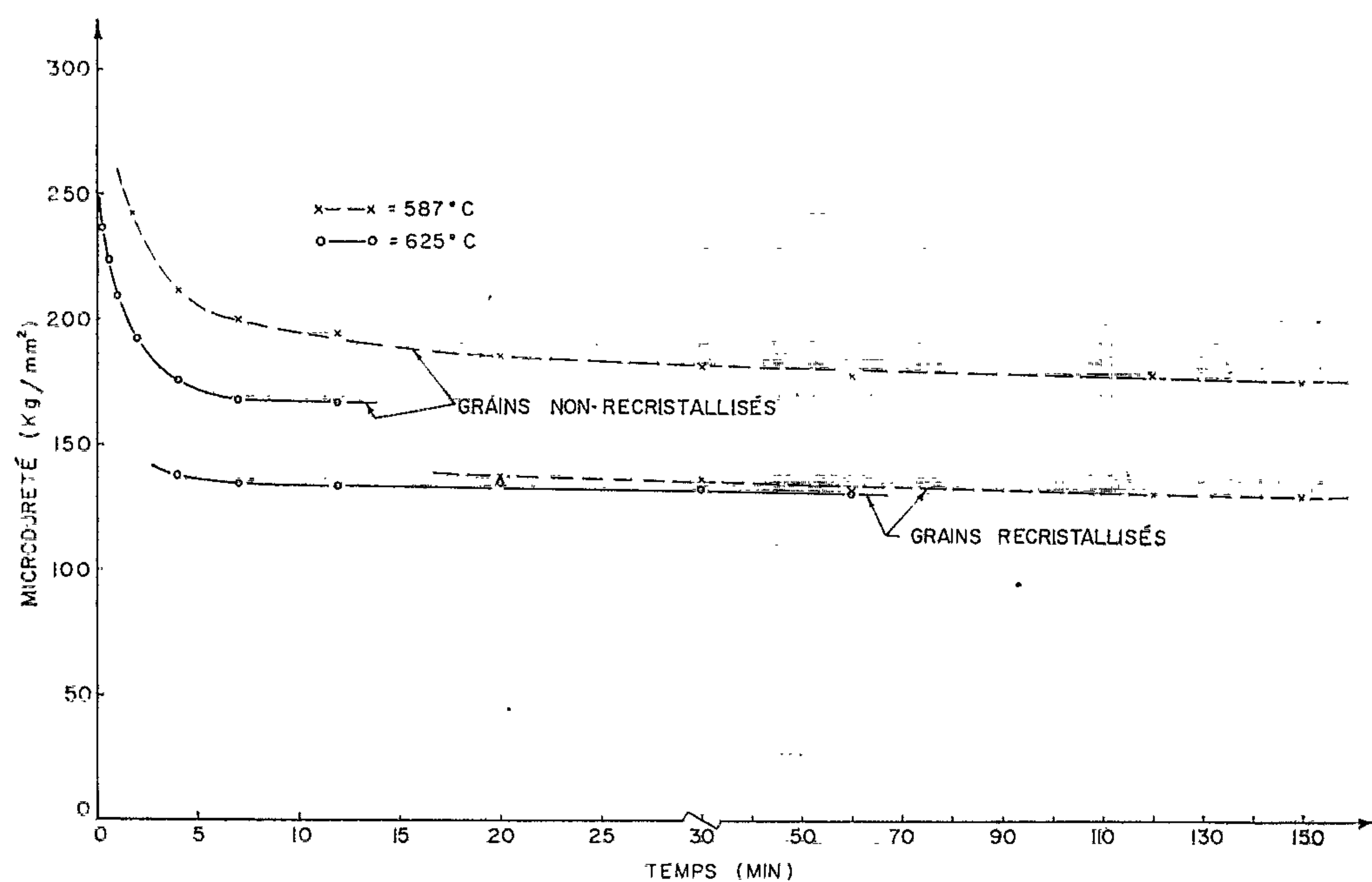


Fig. 2. — Microdureté en fonction du temps des revenus isothermes à 587 et 625°C.

de vue, surtout si l'on tient compte des déductions théoriques de Friedel quant aux causes du durcissement des métaux (⁴).

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(¹) C. E. Beaulieu, A. Dubé et G. Letendre, *Trans. A.I.M.E.*, 218, 1960, p. 565.

(²) F. E. Werner, B. L. Averbach et Morris Cohen, *Trans. A. S. M.*, 49, 1957, p. 823.

(³) H. Hanneman, *Arch. Eisenküttenves*, 15, 1941-1942, p. 403-406.

(⁴) J. Friedel, *Les dislocations*, Gauthier-Villars, Paris, 1956, p. 150 et 194.

(*Université Laval, Québec, Canada.*)

PHYSIQUE DU MÉTAL. — *Mise en évidence, par mesure du frottement interne, de la formation de deux types de carbures au cours du vieillissement après trempe α d'alliages fer-carbone.* Note (*) de MM. **John Butler, Pierre Chollet** et **Charles Crussard**, présentée par M. Georges Chaudron.

Dans une Note précédente [1] relative à la cinétique de la précipitation du carbone, après trempe α, dans des alliages Fe-C contenant 0,005, 0,012 et 0,022 % de carbone, il a été montré, à partir de mesures du frottement interne, que l'exposant *n* de l'équation de la précipitation (loi de Wert et Zener) diminue lorsque la température croît au-delà d'une certaine valeur : cet exposant passe de 1,15 environ à un nombre voisin de 2/3 lorsque la température atteint 200 ou 225°C selon la teneur en carbone de l'alliage.

Des expériences récentes ont permis de compléter ces résultats et d'en donner une interprétation nouvelle : des essais de vieillissement effectués à 225 et 250°C sur les mêmes alliages ont permis d'observer une augmentation du coefficient *n* par rapport à la valeur minimale d'environ 2/3 : ce coefficient vaut 0,9 à 225°C et 1,15 à 250°C pour les éprouvettes de l'alliage à 0,005 % de carbone. De plus, sur certaines courbes de précipitation, nous avons observé, entre 175 et 250°C, la présence d'un palier plus ou moins bien défini, dont le niveau varie avec la température de vieillissement. Cette observation nous a amené à penser, par comparaison avec le cas de la précipitation de l'azote [2], que la précipitation du carbone pourrait également, dans un certain domaine de températures, s'effectuer en deux stades, le premier d'entre eux correspondant à un carbure métastable. La teneur en carbone relative aux paliers observés pourrait alors représenter la quantité de carbone en solution solide en équilibre avec le carbure métastable. Cette hypothèse est en bon accord avec les observations que nous avons faites au microscope électronique sur des répliques de carbone obtenues à partir des échantillons vieillis à 175, 200 et 250°C; elles correspondent en effet aux deux types de carbures observés par Leslie [3] : un carbure métastable sous forme de plaquettes, et la cémentite sous forme dendritique.

Ainsi, dans les conditions de nos essais, pour l'alliage à 0,012 % de carbone en dessous de 175°C environ, on observe seulement la précipitation du carbure métastable, vers 250°C seulement la cémentite, et entre ces deux températures la formation de carbure métastable puis de cémentite. Dans ces conditions, les variations de *n* avec la température s'expliquent bien; il est facile de montrer que, même s'il n'y a pas de palier bien défini sur la courbe de précipitation, l'existence de deux stades de précipitation entraîne un étalement de cette courbe auquel correspond une diminution de *n*. Dans le domaine de température où la précipitation se fait en deux

stades les valeurs de n relatives à la courbe de précipitation globale n'ont pas de sens physique.

Nous avons trouvé des conditions expérimentales dans lesquelles les deux stades de précipitation sont plus nettement séparés : des échantillons d'un alliage contenant 0,055 % de carbone ont été traités pendant 2 h

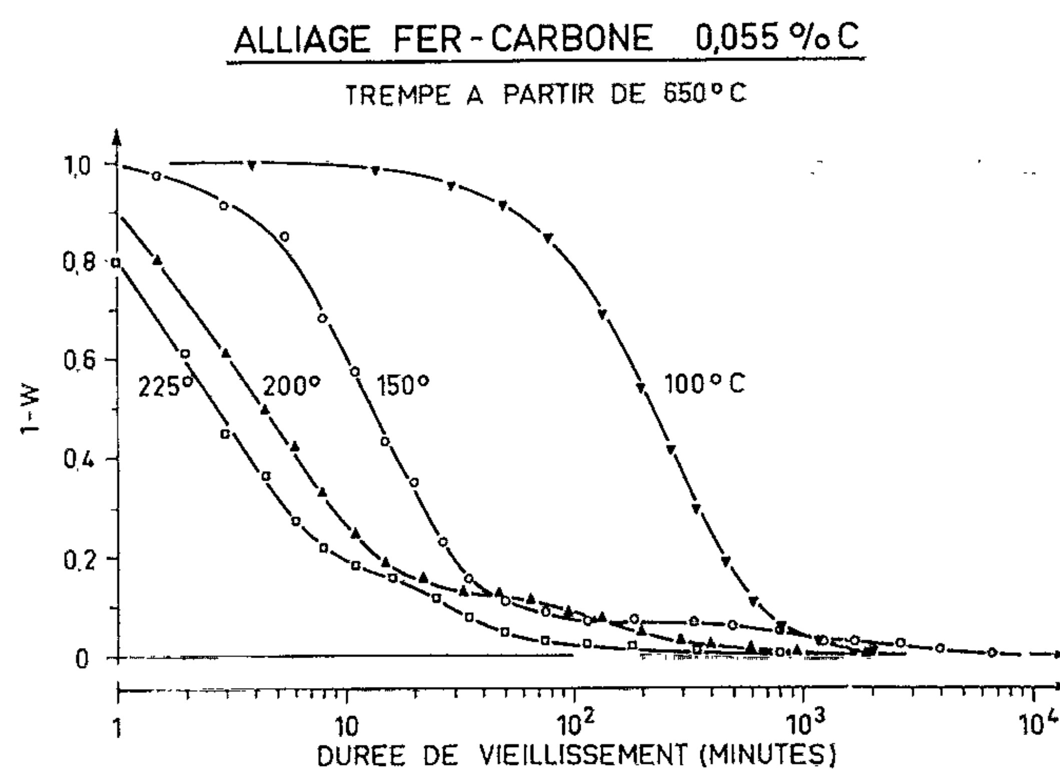


Fig. 1.

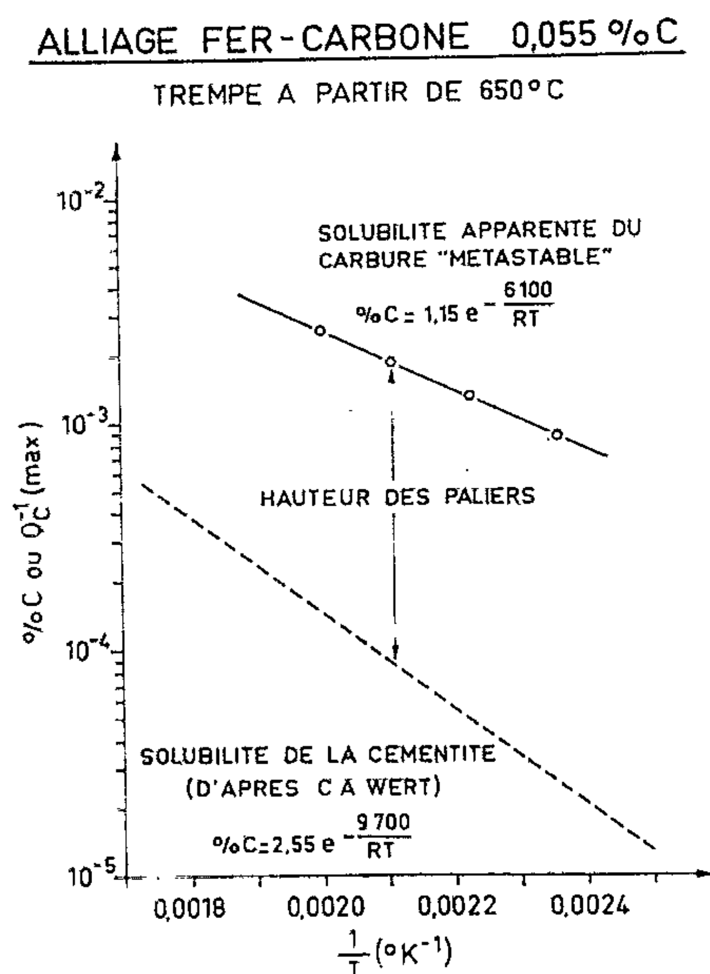


Fig. 2.

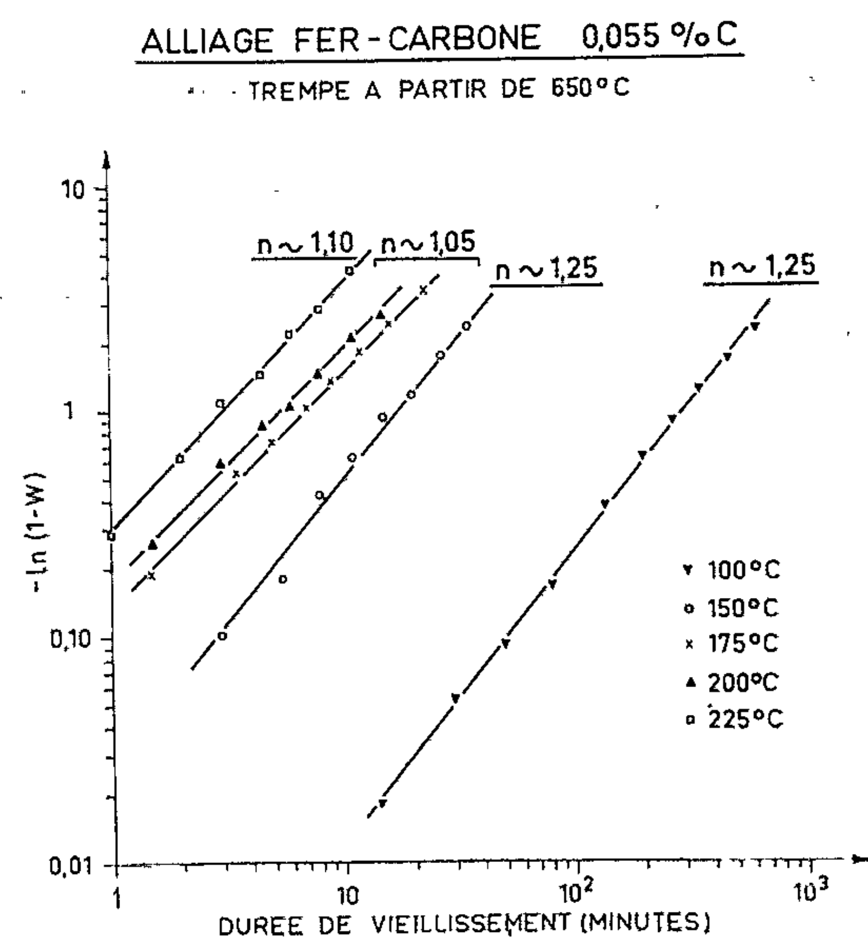


Fig. 3.

à 1 000°C et trempés à l'eau, puis maintenus pendant 30 h à 700°C et trempés à l'eau. Ceci permet d'obtenir des particules de cémentite très espacées. Les échantillons ont enfin été trempés à l'eau après un traitement de 30 mn à une température correspondant à la mise en solution solide d'une quantité déterminée de carbone (650°C dans le cas des essais rapportés

ici). Des essais en cours doivent permettre de comprendre pourquoi ce traitement modifie différemment les cinétiques de précipitation de l'un et l'autre carbure et de préciser le rôle des particules de cémentite présentes à la température de trempe.

La figure 1 montre la présence d'un palier bien défini sur les courbes de précipitation pour des températures de vieillissement comprises entre 150 et 225°C. Si l'on admet que ce palier correspond à la fin de la précipitation du carbure métastable, il est possible de déterminer la courbe de solubilité de ce carbure qui est tracée sur la figure 2. D'autre part, on peut calculer l'exposant *n* correspondant à la précipitation du seul carbure métastable. La figure 3 montre que cet exposant varie très peu avec la température et qu'il est compris entre 1,0 et 1,2, comme lorsque la précipitation se fait en un seul stade.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) P. Chollet et C. Crussard, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 917.

(2) L. J. Dijkstra, *Trans. A.I.M.E.*, 185, 1949, p. 252.

(3) W. C. Leslie, *Acta Met.*, 9, 1961, p. 1004.

(*Laboratoires de l'Irsid, Saint-Germain-en-Laye.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la coexistence de cémentites substituées différemment dans les aciers au manganèse.* Note (*) de MM. **Laszlo Bäcker, Roland Bigot** et **Eugène Herzog**, présentée par M. Georges Chaudron.

Au cours d'une étude systématique d'aciers au manganèse [1], nous avons effectué des séparations magnétiques à température ordinaire [2] sur les résidus de l'extraction électrolytique. Dans la plupart des cas, nous avons recueilli ainsi deux fractions, l'une ferromagnétique, l'autre paramagnétique, qui ont été étudiées par analyses chimiques et par diffraction des rayons X. Nous avons mesuré leur aimantation spécifique à la température ambiante.

Les résultats présentés dans le tableau I concernent un acier au manganèse dont la composition chimique élémentaire est la suivante : C, 0,25; Mn, 2,08; Si, 0,23; P, 0,010; S, 0,007; Cr, 0,08.

Cet acier était normalisé 45 mn à 850°C, refroidi à l'air, puis réchauffé pendant 2 h à diverses températures comprises entre 400 et 700°C avant d'être refroidi de nouveau à l'air.

Tableau I.

Composition chimique élémentaire des phases isolées et valeurs de l'aimantation spécifique.

	Total.					Ferromagnétique.					Paramagnétique.				
Traitement.	%.	C.	Fe.	Mn.	σ_s(*).	%.	C.	Fe.	Mn.	σ_s(*).	%.	C.	Fe.	Mn.	σ_s(*).
N. + Rv 400°, 2 h...	3,42	6,8	89,6	3,6	80,5	3,30	6,8	89,6	3,6	80,5	0,1	—	—	—	—
+ Rv 500°, 2 h...	3,4	6,9	88,6	4,5	83,2	3,30	6,9	88,6	4,5	83,2	0,1	—		—	
+ Rv 550°, 2 h...	3,70	6,7	87,7	5,6	67,1	3,20	6,7	88,5	4,8	75,1	0,5	6,6	83,0	10,4	11,8
+ Rv 600°, 2 h...	3,80	6,8	84,6	8,6	40,3	2,50	6,6	85,7	7,7	48,7	1,3	6,7	82,7	10,5	12,6
+ Rv 650°, 2 h...	3,68	6,6	83,4	10,0	17,0	1,40	6,6	84,5	8,9	32,4	2,28	6,6	82,7	10,7	12,5
+ Rv 700°, 2 h...	3,75	6,7	80,5	12,8	1,2	—	—	—	—	—	3,75	6,7	80,5	12,8	1,2
+ Rv 650°, 48 h...	3,73	6,7	75,3	18,0	0,38	—	—	—	—	—	3,73	6,7	75,3	18,0	0,38

(*) Aimantation spécifique (exprimée en unité C. G. S.).

Les fractions isolées ont des teneurs différentes en fer et en manganèse, mais elles sont toutes constituées de cémentite ou d'une phase dérivée, de même structure cristallographique. La teneur en manganèse croît avec la température des revenus isochrones ou avec le temps de maintien lors de revenus isothermes.

Il peut donc exister simultanément dans le même échantillon d'acier des cémentites de compositions différentes en éléments métalliques substitués au fer. Après traitement de revenu à 600°C, on recueille, par exemple, 3,80 % de carbures qui se répartissent en 2,50 % de phase ferromagnétique et 1,30 % de phase paramagnétique. La première renferme 7,7 % de manganèse et 85,7 % de fer, la seconde 10,5 % de manganèse et 82,7 % de fer, les teneurs en carbone restant identiques.

L'évolution des quantités de phase ferromagnétiques et paramagnétiques en fonction de la température de revenu est représentée sur la figure 1.

Lors de revenus effectués entre 550 et 700°C, la proportion en carbures ferromagnétiques décroît rapidement au profit de la phase paramagnétique. Les analyses chimiques montrent que cette dernière renferme plus de 10 %

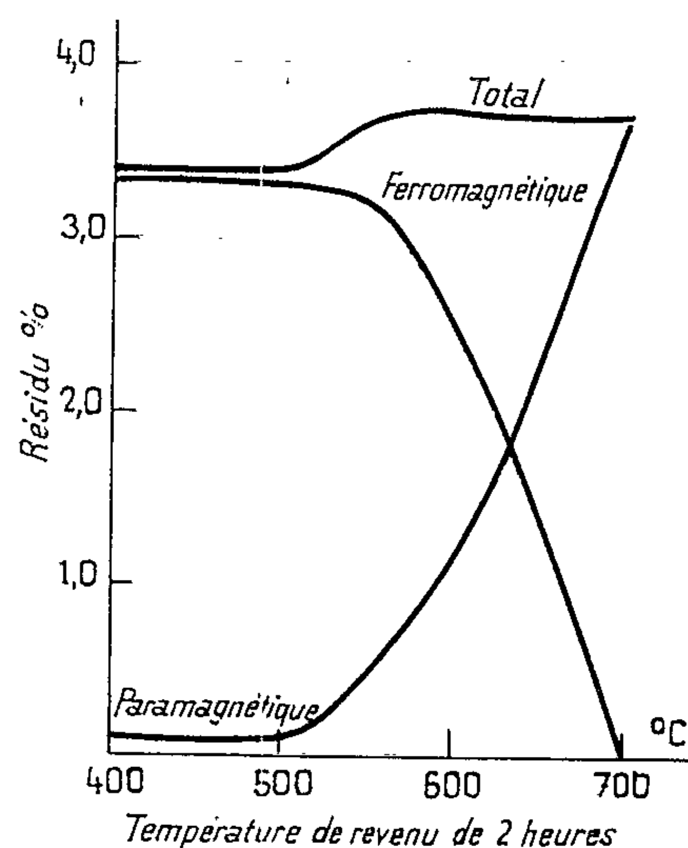


Fig. 1.

de manganèse. Or, d'après les travaux de Lesage-Bourdon et Michel [3], le point de Curie de la cémentite décroît proportionnellement à la teneur en manganèse et devient inférieur à l'ambiante pour une teneur de 12,5 %.

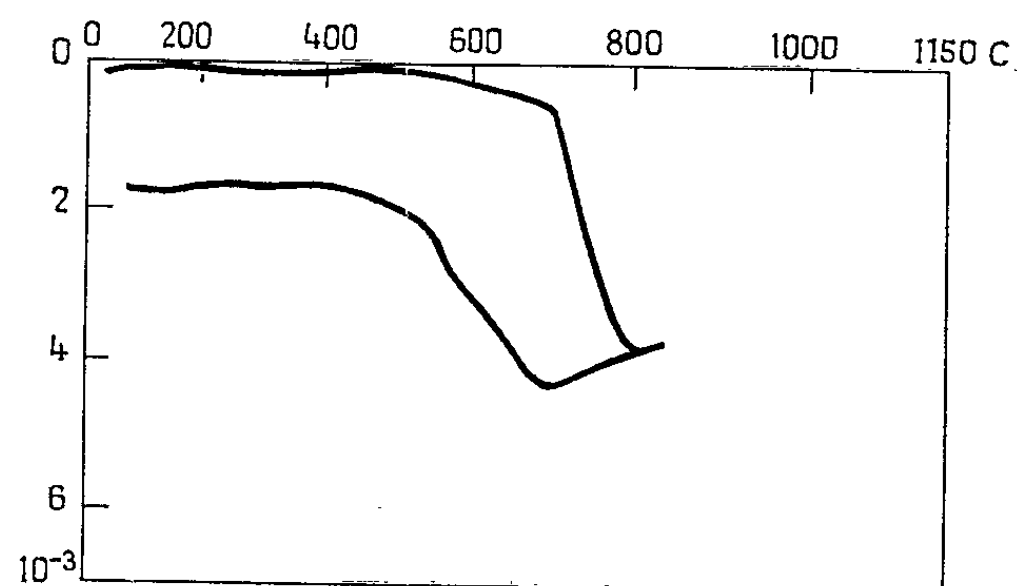


Fig. 2.

Cet écart provient du fait que notre séparateur magnétique n'est pas suffisamment puissant pour effectuer le triage exactement pour cette teneur.

L'existence simultanée de cémentites contenant des teneurs différentes en manganèse dans l'acier pris à l'état normalisé et revenu au-dessus de 500°C, pourrait s'expliquer en remarquant que le manganèse est l'objet de ségrégations mineures très prononcées. Les carbures, au contact de zones plus riches, s'enrichissent davantage en cet élément.

L'analyse dilatométrique à température croissante de l'acier (*fig.* 2), choisi comme exemple, pris à l'état normalisé, montre vers 475°C une expansion correspondant à une décomposition d'austénite ([4]). La libération de carbone qui en résulte a pour effet d'accroître la quantité totale de carbures, comme on le voit sur la figure 1. Le manganèse également moins soluble dans la ferrite que dans l'austénite entre de préférence en solution dans la cémentite. C'est pour cette raison que l'augmentation de la quantité totale des carbures résulte principalement de l'augmentation de la quantité de phase paramagnétique.

La formation de cémentites à différentes teneurs en manganèse peut avoir deux causes différentes :

d'une part, les températures plus élevées favorisent l'enrichissement progressif de la cémentite en manganèse à des vitesses différentes suivant la composition de la matrice;

d'autre part, le manganèse provenant de la décomposition de l'austénite entre immédiatement dans la phase carbure.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) L. Bäcker, R. Bigot et E. Herzog, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1388; *Mém. Scient. Rev. Mét.*, 58, n° 1, 1961, p. 11-24.

([2]) H. Sundermann, *Mém. Scient. Rev. Mét.*, 58, 1961, p. 655-660.

([3]) Mme P. Lesage-Bourdon et A. Michel, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2624.

([4]) Par ailleurs, la présence d'austénite a été confirmée par analyse aux rayons X.

(*Centre de Recherches des Aciéries de Pompey.*)

PHYSICOCHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Examen par diffraction des rayons X d'amidons de maïs, à diverses teneurs en amylose.* Note (*) de MM. **Marcel Kapp**, **Charles Legrand** et Mme **Olga Yovanovitch**, présentée par M. Georges Champetier.

Trois amidons de maïs, de teneurs respectives en amylose de 5, 20 et 80 % ont été examinés par diffraction des rayons X. Les deux premiers ont un diagramme de type A, le dernier un diagramme de type B. L'examen des courbes isothermes de sorption de vapeur d'eau de divers amidons montre également l'appartenance de l'amidon de maïs à 80 % d'amylose au groupe B.

Il est connu depuis longtemps [(1), (2), (3)] que les amidons présentent plusieurs types de spectres de diffraction des rayons X. Les amidons natifs, n'ayant pas subi de traitement physicochimique accompagné de gonflement ou de dispersion, sont classés d'après leur spectre en deux familles :

— Famille A : maïs, riz, blé, manioc.

— Famille B : pomme de terre, marron, banane, arrow-root.

Depuis quelques années des amidons à haute teneur en amylose ont fait l'objet de diverses recherches [(4), (5), (6)], N. P. Badenhuizen (4) a observé pour ces espèces, des variations de diagramme de diffraction des rayons X, en cours de croissance.

Nous avons eu la possibilité de confronter avec l'amidon de maïs du commerce, à 20 % d'amylose, deux espèces particulières obtenues aux États-Unis par croisement et sélection biologiques. L'une présente une grande proportion de macromolécules non ramifiées correspondant à une teneur en amylose de 80 %; l'autre riche en amylopectine, donc en molécules ramifiées, contient 5 % d'amylose.

Ces diverses espèces d'amidon de maïs ont été étudiées par diffraction de rayons X selon une technique déjà précisée [(7), (8)]. Les diagrammes ont été enregistrés pour des échantillons soit déshydratés (7), soit fortement hydratés. Pour des teneurs en amylose variant de 5 à 20 %, les diagrammes (*fig.* 1) ne manifestent aucun changement appréciable pour les deux états d'hydratation considérés.

L'examen des enregistrements effectués avec les échantillons déshydratés montre que si le pic correspondant à 5,20 Å subsiste intégralement lorsque la proportion d'amylose augmente, celui à 5,90 Å disparaît complètement ainsi que la réflexion $d = 3,94$ Å.

A l'état hydraté, l'amidon à 80 % d'amylose présente du point de vue de la diffraction des rayons X tous les critères d'un amidon de famille B :

atténuation et élargissement de la raie $d = 5,94$ Å;

disparition de la raie $d = 4,98$ Å;

apparition à la place de la raie $d = 3,88$ Å de deux raies $d = 4,05$ et $d = 3,72$ Å.

Les diagrammes désignent donc nettement les amidons de maïs à 5 et 20 % d'amylose comme appartenant à la famille A; par contre celui à 80 % d'amylose présente toutes les caractéristiques de la famille B.

Une constatation analogue découle de l'observation des isothermes de sorption de vapeur d'eau en fonction du temps d'hydratation des mêmes

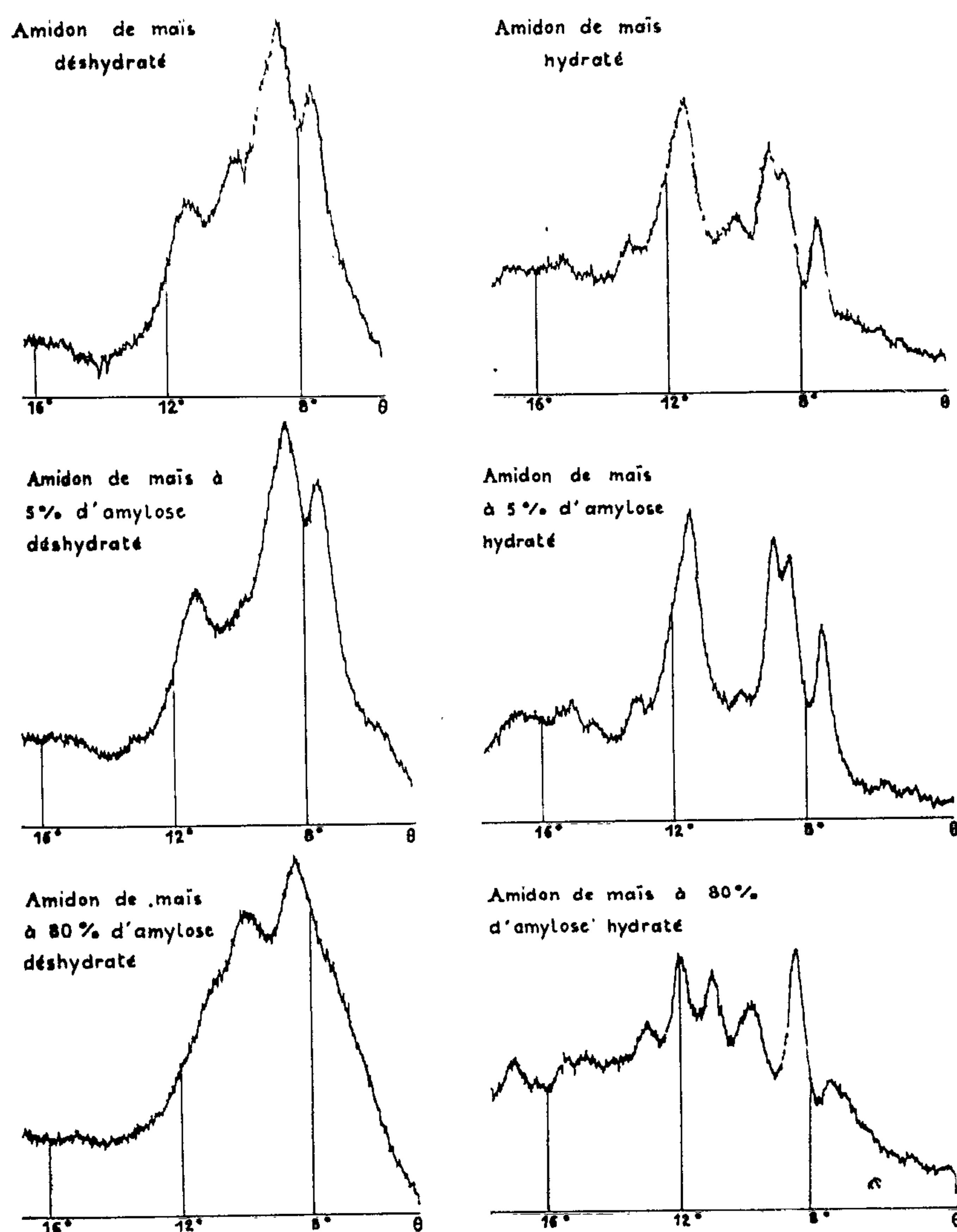


Fig. 1.

amidons; celles-ci ont aussi été tracées pour divers amidons appartenant aux deux familles A et B (*fig.* 2).

Les amidons du type A présentent dans les mêmes conditions une sorption moins importante que les amidons du type B. On trouve par ordre de sorptions croissantes les amidons de : blé ordinaire, manioc, maïs ordinaire, riz, maïs à 5 % d'amylose, blé sélectionné, maïs rétrogradé, arrow-root, maïs à 80 % d'amylose et pomme de terre.

Les six premiers cités ont un diagramme de rayons X de type A, les quatre derniers un diagramme de type B.

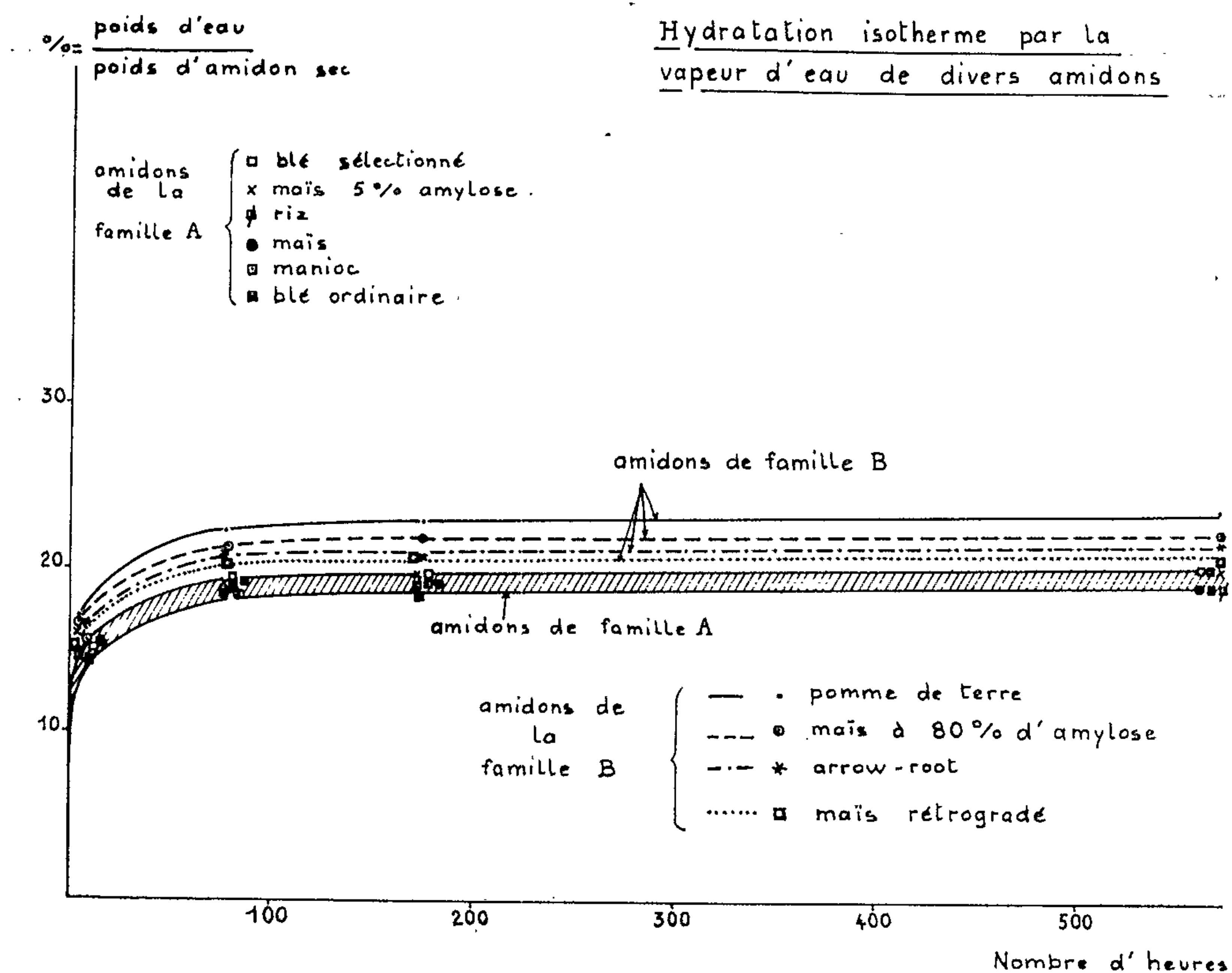


Fig. 2.

Il semble donc bien que dans les conditions de croissance ayant permis l'obtention d'un amidon de maïs à 80 % d'amylose, l'organisation des chaînes macromoléculaires au sein des zones organisées soit de type B.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) St V. Naray-Szabo, *Liebigs Ann.*, 465, 1928, p. 299.
(2) J. R. Katz, *Z. Phys. Chem.*, A., 150, 1930, p. 37.
(3) R. S. Bear et D. French, *J. Amer Chem. Soc.*, 63, 1941, p. 2298.
(4) N. P. Badenhuizen, *S. African J. Med. Sc.*, 23, 1958, p. 276.
(5) C. T. Greenwood et J. Thomson, *Chem. and Ind.* (London), 1960, p. 1110-1111.
(6) M. Samec, *Die Stärke*, 9, 1962, p. 307.
(7) C. Legrand et O. Yovanovitch, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 1553.
(8) M. Kapp et C. Legrand, *Ind. Agr. et Alim.*, no 1, janvier 1961, p. 3.

(*Laboratoire de Radiocristallographie du C.N.R.S., Bellevue, Seine-et-Oise* et
Laboratoire de Chimie générale et de Chimie macromoléculaire de l'École Supérieure de Physique et de Chimie, Paris.)

CHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Sur la déhydrohalogénation des halogénures de polyvinyle.* Note (*) de MM. **Jean-Pierre Roth**, **Paul Rempp** et **Jacques Parrod**, présentée par M. Georges Champetier.

L'action sur le chlorure de polyvinyle de divers sels métalliques en milieu de diméthylformamide conduit à la formation de longues séquences de doubles liaisons conjuguées. Si le milieu réactionnel contient des substances susceptibles de se substituer irréversiblement au chlore, on n'obtient que des séquences relativement courtes.

Un nouveau procédé de déhydrochloruration du chlorure de polyvinyle (PVC) a été signalé par Ch. Sadron, J. Parrod et J.-P. Roth [1]. Il s'agit d'une réaction de nature ionique, dont l'agent est constitué par le système chlorure de lithium-diméthylformamide (ClLi-DMF), plus avantageux que les agents basiques courants, car il ne donne pas lieu à la substitution nucléophile concurrente habituelle. On sait en effet que la déhydrohalogénation des halogénures de polyvinyle par les amines [2] ou par les composés organométalliques [3] s'accompagne le plus souvent de la fixation de la base sur la chaîne macromoléculaire. Selon la nature du milieu solvant, l'action sur le PVC du système ClLi-DMF conduit, soit à des produits violets foncés, soit à des produits bruns noirs. Dès le début de la réaction d'élimination, la distinction est nette entre les deux processus, — que nous qualifierons respectivement de « violet » et de « rouge », — conduisant à ces deux sortes de produits. Les spectres d'absorption dans l'ultraviolet et le visible traduisent la formation de longues séquences, non différenciables, de doubles liaisons conjuguées, dans le cas des produits « violets », et indiquent la présence de séquences relativement courtes ($n = 4$ à environ 20) dans les substances « rouges ».

Nos résultats relatifs à l'action de divers sels métalliques sur les halogénures de polyvinyle, dans différents milieux solvants, sont rassemblés dans le tableau suivant :

		Solvant.	Type « violet ».	Type « rouge ».	Aucune déhydrochloruration.
PVC (80°C).......		DMF	ClLi	BrLi, acétates, Cl_2Mg	Cl_2Ni, Cl_2Co, Cl_2Cu, Cl_2Zn, ClNa, ClK, No_3Li, Co_3Li_2
		DMF/THF	ClLi	–	–
		DMF/A*	–	ClLi	
		DMF/B*	ClLi	-	-
PVBr.	20°C......	DMF/THF	BrLi	ClLi	-
	80°C.....	DMF/THF	–	BrLi, ClLi	-

A*, cyclohexanone, acétylacétone ;
B*, dioxane, méthyléthylcétone, acétophénone, benzophénone, anisole.

De nombreux sels minéraux sont solubles dans le DMF; ils y sont dissociés et les cations sont solvatés. A la lumière de récentes recherches sur les milieux polaires aprotiques ([1]), il apparaît que les anions correspondants, qui sont d'autant moins solvatés que leur diamètre est plus petit, peuvent jouer le rôle de base forte. Ainsi en milieu DMF pur, ce seraient les anions chlore ou acétate qui seraient les agents basiques de la réaction d'élimination. Les chlorures des métaux lourds ($NiCl_2$, $CoCl_2$) sont inactifs car leur dissociation dans le DMF est très faible, ainsi que l'ont montré des mesures de conductibilité ([5]). La déhydrochloruration ne résulterait donc pas, comme le pensait Holysz ([6]), de l'action concertée de 1 mol de ClLi et de 1 mol de DMF.

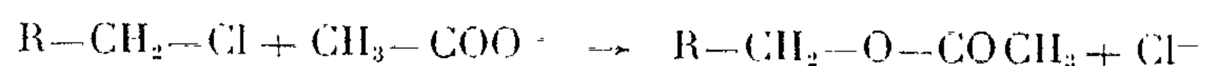
Nous nous proposons à présent de discuter l'hypothèse suivante, relative au mécanisme de la réaction :

« La déhydrochloruration du PVC est normalement de type « violet ». La réaction de type « rouge » apparaît cependant toutes les fois que le milieu réactionnel contient un produit susceptible de substituer de façon irréversible des atomes de chlore de la chaîne de PVC ». Remarquons que les résultats d'analyse indiquent que les quantités de DMF fixé sont très faibles; ce n'est donc pas la substitution de DMF qui limite la longueur des séquences déhydrochlorurables.

Une première confirmation de cette hypothèse a été apportée par la déhydrochloruration de PVC partiellement greffés. Cette étude fait l'objet d'une autre publication ([7]).

Si le processus « rouge » de déhydrochloruration apparaît lorsqu'une réaction de substitution irréversible limite la longueur des séquences déhydrochlorurables, cette réaction, favorisée par la polarité du milieu, doit pouvoir être mise en évidence directement :

1° La substitution de Cl par des groupes acétates selon



$$R-CH_2-Cl + CH_3-COO^- \rightarrow R-CH_2-O-COCH_3 + Cl^-$$

est possible en milieu DMF. Ainsi, quand l'ion acétate est utilisé comme agent de déhydrochloruration, la substitution parasite n'est autre qu'une fixation irréversible de groupes acétates sur la chaîne. La présence de ces groupes a pu être démontrée par spectrographie infrarouge.

2° Le remplacement réciproque du chlore par le brome a été mis en évidence par voie analytique sur des PVC traités par BrLi, et sur des PVBr traités par ClLi. Dans le premier cas, la substitution de Cl par le Br crée, à 80°C, un grand nombre de sites initiateurs; la limitation mutuelle des séquences de doubles liaisons conjuguées conduit alors au processus « rouge ». Le PVBr traité à température ambiante par ClLi, subit également une déhydrochloruration de type « rouge », car la substitution irréversible d'atomes de chlore aux atomes de brome crée des liaisons C—Cl stables à 20°C.

3° L'addition au DMF d'un deuxième solvant, moins polaire, modifie la cinétique de l'élimination, mais n'en altère généralement pas le mécanisme. L'apparition, pour certains mélanges solvants, du processus « rouge » est due à la présence dans le milieu réactionnel d'anions faiblement basiques, qui donnent lieu à des réactions de substitution. Le cas de la cyclohexanone est à cet égard quelque peu étonnant, mais la même explication devrait prévaloir, car les spectres infrarouges révèlent la présence de groupes $\geq C=O$ carbonyle sur le produit déhydrohalogéné.

Ces quelques résultats, pour qualitatifs qu'ils soient, nous paraissent vérifier l'hypothèse énoncée ci-dessus, et justifier le mécanisme proposé pour la déhydrohalogénation des halogénures de polyvinyle en milieu DMF. Des résultats concernant la cinétique de l'élimination seront publiés prochainement. Ils apporteront un complément indispensable à ces résultats exploratoires.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) CH. SADRON, J. PARROD et J.-P. ROTH, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2206.
(2) J. J. BOHRER, *Trans. N. Y. Acad. Sc.*, 2e série, 20, 1958, p. 367.
(3) J.-P. ROTH, P. REMPP et J. PARROD, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2356.
(4) *Voir*, par exemple, A. J. PARKER, *Quart. Rev.*, 16, 1962, p. 163.
(5) J. PARROD et H. MONTEIRO, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2026; H. MONTEIRO, *Thèse*, Strasbourg, 1961.
(6) R. P. HOLYSZ, *J. Amer. Chem. Soc.*, 75, 1953, p. 4432.
(7) J.-P. ROTH, P. REMPP et J. PARROD, *Bull. Soc. Chim.* (sous presse).

(Centre de Recherches sur les Macromolécules 6, rue Boussingault, Strasbourg.)

CHIMIE MINÉRALE. — *Étude de la phase non stœchiométrique* Ti_3Se_4 : *conditions de préparation, étendue du domaine, paramètres cristallins.* Note (*) de MM. **Philippe Bernusset** et **Yves Jeannin**, présentée par M. Georges Chaudron.

En étudiant la phase non stœchiométrique $TiSe_2$ nous avons été amenés précédemment ([1]) à situer sa limite pauvre en sélénium à la composition $TiSe_{1,41}$ lorsque les séléniures sont préparés à 1000°C. Le choix de cette limite était basé sur l'apparition d'un flou dans les diagrammes de diffraction de rayons X annonçant une nouvelle phase de symétrie inférieure. Nous avons alors entrepris de préciser la maille cristallographique élémentaire caractérisant cette nouvelle phase Ti_3Se_4 ainsi que l'étendue en composition de son domaine de stabilité.

Afin d'obtenir des séléniures en état d'équilibre et d'éliminer toute inhomogénéité en composition, ces composés ont été préparés de la façon suivante : le sélénium et le titane placés en enceinte de silice transparente scellée sous vide se combinaient lors d'un premier traitement thermique de 10 jours à 1000°C suivi d'une trempe dans l'eau glacée ([1]). Après broyage de la combinaison ainsi obtenue, une partie était examinée aux rayons X puis analysée tandis que l'autre partie était soumise à un second traitement thermique de 4 jours à 1000°C puis à nouveau, trempée, broyée au mortier, examinée aux rayons X et analysée. Mentionnons que des essais de refroidissement lent n'ont pas introduit de modifications.

Il nous a paru indispensable de recourir à l'analyse après le recuit, car nous avons constaté une attaque de l'enceinte réactionnelle. Cette réaction du titane sur la silice se traduit par une augmentation du rapport Se/Ti en atomes au cours de chaque traitement thermique. Par exemple, un mélange de départ sélénium-titane répondant à la composition $TiSe_{1,300}$ devient $TiSe_{1,310}$ après 10 jours à 1000°C, puis $TiSe_{1,330}$ après recuit. De ce fait, l'analyse des séléniures est absolument nécessaire à la détermination des limites de phase. La méthode consiste en un grillage oxydant à l'air; le séléniure est placé dans une nacelle d'alumine frittée gainée par un tube de silice pour éviter les pertes par projection. Dans ces conditions, les rapports Se/Ti mentionnés sont donnés avec une précision de 0,5%.

Le second traitement thermique que nous avons fait subir à nos échantillons nous a notamment permis d'expliquer l'évolution du diagramme de rayons X des échantillons non recuits situés dans le domaine de composition compris entre les valeurs 1,38 et 1,41 du rapport Se/Ti. En effet, à la suite de ce traitement, ces séléniures présentent uniquement les raies de la maille hexagonale caractéristique de la phase $TiSe_2$. Il semble donc que les zones floues observées ([1]) proviennent d'une inhomogénéité en composition.

Limites de la phase Ti_3Se_4. — Ce n'est qu'autour de la valeur 1,35 du rapport Se/Ti que la maille caractéristique de la phase Ti_3Se_4 est apparue stable à la suite des deux traitements thermiques. Des expériences analogues ont permis de situer la limite riche en titane de la phase Ti_3Se_4 au-delà de laquelle on retrouve la phase hexagonale TiSe du type NiAs [(2), (4)]. Ainsi la phase Ti_3Se_4 inclut tous les séléniures préparés à 1000°C dont les compositions sont comprises entre $TiSe_{1,22}$ et $TiSe_{1,36}$.

Maille caractéristique de la phase Ti_3Se_4. — Cette maille cristallographique élémentaire est monoclinique; elle se déduit de celle caractérisant la phase $TiSe_2$ par pseudo-symétrie. La structure de Ti_3Se_4 (3) en fait un composé isomorphe des séléniures Cr_3Se_4, Fe_3Se_4, Ni_3Se_4, Co_3Se_4 et V_3Se_4. Les paramètres ont été mesurés au moyen d'un montage de Seeman-Bohlin avec étalon interne d'argent. Un filtre d'aluminium de 4/100 de millimètre d'épaisseur diminuait le rayonnement de fluorescence du titane excité par la radiation K_α du cuivre, isolée en utilisant un monochromateur à lame de quartz courbée. Quelques résultats d'analyses et de mesures de paramètres sont reportés dans le tableau.

$x = \frac{Se}{Ti}$ en atomes après recuit.	Maille caractéristique.	a(Å) $\pm 2.10^{-2}$.	b(Å) $\pm 1.10^{-2}$.	c(Å) $\pm 4.10^{-2}$.	β.
1,20	Hexagonale	–	–	–	–
1,25	Monoclinique	6,39	3,57	12,04	90°30′
1,27	»	6,40	3,57	12,05	90°50′
1,33	»	6,35	3,57	12,01	90°30′
1,36	Hexagonale	–	–	–	

Les résultats qui viennent d'être décrits sont, dans leur ensemble, en accord avec ceux de Grönvold et Langmyhr (2) et de Bertaut et Chevreton (3) publiés récemment. Ils les précisent en ce qui concerne les évaluations de compositions notamment aux limites de phase. En effet, nous avons montré quelle pouvait être l'influence des traitements d'homogénéisation et comment les traitements thermiques entraînaient des variations de composition.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) PH. BERNUSSET et Y. JEANNIN, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 934.

(2) F. GRONVOLD et F. J. LANGMYHR, *Acta Chem. Scand.*, 15, 1961, p. 1949.

(3) M. CHEVRETON et F. BERTAUT, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1275.

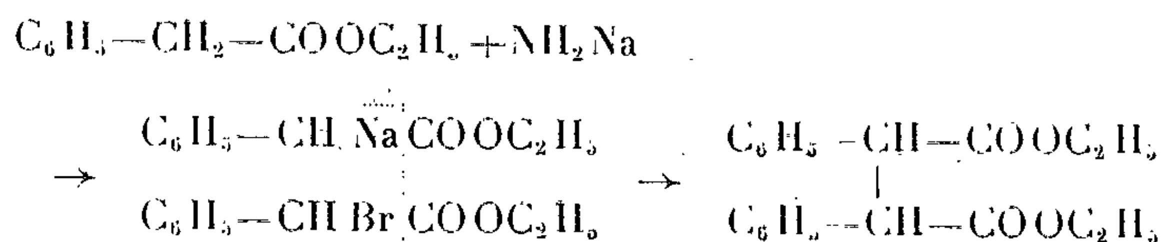
(4) P. EHRLICH, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 260, 1949, p. 1.

(*Laboratoire de Chimie minérale, École Nationale Supérieure de Chimie,* 11, *rue Pierre-Curie, Paris,* 5e.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelle méthode de synthèse des esters diarylsucciniques.* Note (*) de M. **Joseph Hoch** et Mlle **Danièle Legay**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous, en collaboration avec Mme P. Ramart ([1]), a montré que l'action de l'amidure de sodium sur le phénylbromacétate d'éthyle conduisait à un mélange de diphénylmaléate et fumarate d'éthyle souillé de 3 à 4 % des deux diphénylsuccinates d'éthyle (F 141 et 84°) où l'isomère (F 141°) prédominait de beaucoup. Pour expliquer la formation du premier couple d'isomères, ces auteurs (*loc. cit.*) ont pu donner un mécanisme satisfaisant. Pour le second couple, ils émirent l'hypothèse que leur formation était due à une petite quantité de sodium contenu dans l'amidure de sodium employé, qui aurait provoqué une sorte de synthèse de Wurtz. Cette explication s'avéra inexacte, car Rügheimer ([2]) a montré que l'action du sodium sur le phénylbromacétate d'éthyle ne fournissait pas ces composés.

Après une série de tentatives d'explications, nous avons été amenés à penser que la matière première retenait énergiquement une petite quantité de phénylacétate d'éthyle qui, sous l'action de l'amidure de sodium, se serait sodé et aurait réagi avec l'excès d'ester bromé pour donner les deux diphénylsuccinates selon le schéma



L'expérience a confirmé ces prévisions. En faisant agir un mélange équimoléculaire de phénylacétate d'éthyle et de phénylbromacétate d'éthyle sur l'amidure de sodium, nous avons obtenu le diphénylsuccinate d'éthyle F 141° (Rdt 60 %) et l'isomère F 84° (Rdt 10 %). C'est donc une bonne méthode de synthèse de ces composés. Ce résultat est assez surprenant, car de nombreux auteurs ont constaté que le phénylacétate d'éthyle n'était pas sodable par l'amidure de sodium dans les conditions ordinaires.

En présence de ces résultats, nous avons essayé de généraliser cette méthode, car les esters diaryl succiniques étaient des produits peu connus et d'accès difficile.

Partie expérimentale. — Dans un ballon en pyrex à deux tubulures, surmonté d'un réfrigérant ascendant, d'une ampoule à brome et d'un agitateur à soupape de mercure nous avons placé une mole d'amidure de sodium recouvert d'éther anhydre. On introduit lentement un mélange équimoléculaire d'un ester α-arylbromacétique ([3]) et d'un ester arylacé-

TABLEAU I.

$R-C_6H_4-CH(COOC_2H_5)-CH(COOC_2H_5)-C_6H_4-R'$

	Formule. R.	Formule. R'.	Formule brute.	F (°C).	Analyse. Calculé %. C.	Analyse. Calculé %. H.	Analyse. Trouvé %. C.	Analyse. Trouvé %. H.	Rdt (%).
(I)......	H	o-CH_3	$C_{21}H_{24}O_4$	117	74,12	7,06	73,96	7,16	60
(II).....	H	m-CH_3	$C_{21}H_{24}O_4$	87	74,12	7,06	73,88	7,24	40
(III).....	H	m-CH_3	$C_{21}H_{24}O_4$	Liq. n_D^{40} 1,526	74,12	7,06	74,45	7,22	5
(IV).....	H	p-CH_3	$C_{21}H_{24}O_4$	100	74,12	7,06	74,20	7,26	56
(V)....	p-CH_3	o-CH_3	$C_{22}H_{26}O_4$	138	74,54	7,39	74,84	7,43	32
(VI).....	p-CH_3	m-CH_3	$C_{22}H_{26}O_4$	98	74,54	7,39	74,34	7,40	30
(VII)....	p-CH_3	p-CH_3	$C_{22}H_{26}O_4$	150	74,54	7,39	74,38	7,54	38
(VIII)...	p-CH_3	p-CH_3	$C_{22}H_{28}O_4$	85	74,54	7,39	74,06	7,45	7
(IX).....	o-CH_3	o-CH_3	$C_{22}H_{26}O_4$	148	74,54	7,39	74,85	7,73	44
(X).....	m-CH_3	m-CH_3	$C_{22}H_{26}O_4$	100	74,54	7,39	74,84	7,48	30
(XI).....	p-OCH_3	p-CH_3	$C_{22}H_{26}O_5$	136	71,35	7,03	71,16	7,27	30
(XII)....	H	p-NO_2	$C_{20}H_{21}O_6N$	101	64,62	5,70	64,31	6,04	50
(XIII)...	α-$C_{10}H_7-CH(COOC_2H_5)-CH(COOC_2H_5)-C_6H_5$		$C_{24}H_{24}O_4$	97	76,56	6,43	76,80	6,72	42

TABLEAU II.

	Formule. R. R'.	Formule brute.	F (°C).	Analyse. Calculé %. C.	Analyse. Calculé %. H.	Analyse. Trouvé %. C.	Analyse. Trouvé %. H.	Rdt (%).
(I)........	Conduit à	$C_{17}H_{16}O_4$	245	71,81	5,68	71,84	5,80	70
(II).......	»	$C_{17}H_{16}O_4$	220	71,81	5,68	72,23	5,92	70
(III).......	»	$C_{17}H_{16}O_4$	252	71,81	5,68	71,45	5,71	60
(IV).......	»	$C_{17}H_{16}O_4$	300	71,81	5,68	72,06	6,16	75
(V)........	»	$C_{18}H_{18}O_4$	290	72,46	6,08	72,40	6,49	70
(VI).......	»	$C_{18}H_{18}O_4$	300	72,46	6,08	72,22	6,38	68
(VII)......	»	$C_{18}H_{18}O_4$	275	72,46	6,08	71,86	6,34	70
(VIII).....	»	$C_{18}H_{18}O_4$	290	72,46	6,08	72,26	6,12	70
(IX).......	»	$C_{18}H_{18}O_4$	265-270	72,46	6,08	72,15	6,37	62
(X).......	»	$C_{18}H_{18}O_4$	261	72,46	6,08	71,99	6,34	68
(XI).......	»	$C_{18}H_{18}O_5$	300	68,70	5,77	68,42	5,99	70
(XII)......	»	$C_{16}H_{13}O_6N$	230	60,94	4,16	60,97	4,27	72
(XIII).....	»	$C_{20}H_{16}O_4$	190	74,99	5,03	75,13	5,17	75

tique. Après introduction, on laisse en contact une nuit, puis on chauffe 1 h au doux reflux. Si le produit cristallise au sein du mélange, il est essoré puis recristallisé. Les mélanges réactionnels n'ayant pas cristallisé sont versés sur de la glace légèrement acidulée par HCl; ils sont traités et distillés sous pression réduite. Les produits distillés ont été ensuite soumis à la cristallisation fractionnée.

Dans certains cas, on obtient deux isomères, mais la plupart du temps, un seul produit. Jusqu'à présent, nous ne nous sommes pas occupés de déterminer lequel des produits préparés était la forme racémique ou inactive par nature. Chaque ester a été saponifié dans les conditions habituelles par 4 moles de potasse alcoolique.

Nous avons préparé ainsi par action du phénylacétate d'éthyle et du phénylbromacétate d'éthyle, les diphénylsuccinates d'éthyle F 141° (Rdt 60 %) et F 84° (Rdt 10 %). Nous avons étendu cette réaction aux termes suivants (tableau I).

La saponification de ces esters conduit aux acides diaryl-2.3 succiniques suivants (tableau II).

Nous poursuivons ce travail de synthèse sur divers dérivés méthoxylés. Ils feront l'objet d'une publication ultérieure.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) Mme Ramart et M. Hoch, *Ann. Chim.*, (10), 13, 1930, p. 385.

(2) M. Rügheimer, *Ber.*, 15, 1882, p. 1626.

(3) M. M. Hoch et J.-M. Choisy, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 3314.

(Laboratoire de Chimie organique II, Sorbonne.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Action catalytique comparée de l'anhydride molybdique, du tétrachlorure de titane, du chlorure stannique et du chlorure d'aluminium dans la préparation de quelques dioxanes et dioxolanes.* Note de M. **Pierre Mastagli**, Mlle **Paulette Lambert** et M. **Daniel Baladie**, présentée par M. Marcel Delépine.

Action de plusieurs catalyseurs et surtout du tétrachlorure de titane dans la préparation de quelques acétals et cétals cycliques.

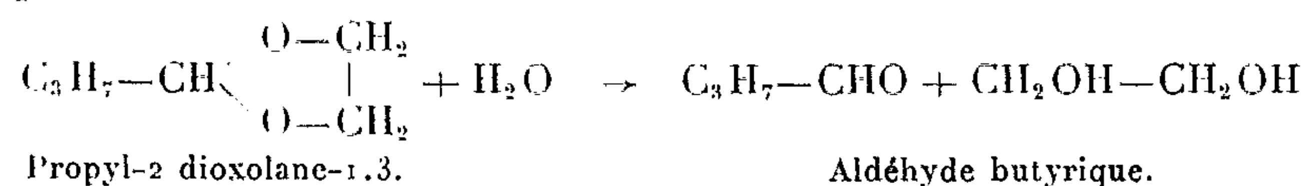
Les catalyseurs habituellement préconisés par les auteurs pour l'obtention des dioxolanes et des dioxanes sont : les acides chlorhydrique ([1]), sulfurique ([2]) ou para toluène sulfonique ([3]) et, plus récemment, les échangeurs d'ions ([4]).

Il nous a semblé intéressant d'étudier comparativement, d'une part le comportement de la butyraldéhyde, du benzaldéhyde, de l'acétone et de la cyclohexanone sur différents diols en présence de $TiCl_4$, d'autre part le comportement de la cyclohexanone, plus réactive qu'une cétone aliphatique, sur différents diols en présence d'autres catalyseurs de la réaction de Friedel et Crafts : $SnCl_4$ et $AlCl_3$.

Mode opératoire. — Nous avons opéré dans un ballon de 250 ml en mettant en contact 1 mole de diol et environ 2 ml de $TiCl_4$. Nous avons alors constaté un léger échauffement du mélange; puis, nous avons ajouté peu à peu 2/3 de mole du composé carbonylé. L'apparition de deux couches est immédiate. Après 24 h de contact, la réaction est terminée. On sépare par décantation le dioxane du diol n'ayant pas réagi. Nous lavons à l'eau carbonatée, reprenons au benzène et séchons sur sulfate de sodium (le benzène a l'avantage d'éliminer à la distillation par azéotropie les traces d'humidité que le sulfate de sodium n'aurait pas retenues).

Dosages. — Nous avons dosé les produits obtenus par le chlorhydrate d'hydroxylamine, en laissant en contact au moins 48 h à température ambiante.

Exemple :



$$C_3H_7-CH\langle\begin{matrix}O-CH_2\\ |\\ O-CH_2\end{matrix} + H_2O \rightarrow C_3H_7-CHO + CH_2OH-CH_2OH$$

Propyl-2 dioxolane-1.3. Aldéhyde butyrique.

Connaissant la possibilité d'employer le tétrachlorure de titane comme catalyseur dans la réaction de Friedel et Crafts ([5]), il nous a semblé intéressant d'étudier comparativement l'action catalytique du chlorure d'aluminium et du chlorure stannique dans la formation de quelques dioxanes.

Préparation en présence de $TiCl_4$.

	Éthylène glycol.	Propylène glycol-1.2.	Butane diol-1.3.
Butyraldéhyde.	Propyl-2 dioxolane-1.3 ($C_6H_{12}O_2$) É 132° $n_D^{22,6}$ 1,4332 Rdt 90 % P. M. : calc., 116; tr., 116	Propyl-2 méthyl-4 dioxolane-1.3 ($C_7H_{14}O_2$) É 141-144° $n_D^{17,4}$ 1,4123 Rdt 90 % P. M. calc., 130; tr., 132	Propyl-2 méthyl-4 dioxane-1.3 ($C_8H_{16}O_2$) É 159-161° $n_D^{17,6}$ 1,4246 Rdt 83 % P. M. : calc., 144; tr., 148
Benzaldéhyde.	Phényl-2 dioxolane-1.3 ($C_9H_{10}O_2$) $É_{25}$ 129° n_D^{20} 1,533 Rdt 80 % P. M. : calc., 150; tr., 149	Phényl-2 méthyl-4 dioxolane-1.3 ($C_{10}H_{12}O_2$) $É_{12}$ 128° $n_D^{22,6}$ 1,5165 Rdt 80 % P. M. : calc., 164; tr., 160	Phényl-2 méthyl-4 dioxane-1.3 ($C_{12}H_{14}O_2$) $É_{20}$ 140° n_D^{22} 1,5149 Rdt 92 % P. M. : calc., 178; tr., 177
Acétone.	Diméthyl-2.2 dioxolane-1.3 ($C_5H_{10}O_2$) É 92° n_D^{18} 1,4001 Rdt 51 % P. M. : calc., 102; tr., 105	Triméthyl-2.2.4 dioxolane-1.3 ($C_6H_{12}O_2$) É 97-99° $n_D^{16,6}$ 1,4038 Rdt 53 % P. M. : calc., 116; tr., 118	Triméthyl-2.2.4 dioxane-1.3 ($C_7H_{14}O_2$) É 131° $n_D^{16,4}$ 1,4203 Rdt 42 % P. M. : calc., 130; tr., 132
Cyclohexanone.	Dioxaspiro-1.4 décane-[4.5] ($C_8H_{14}O_2$) É 176-180° $n_D^{20,6}$ 1,4581 Rdt 76 % P. M. : calc., 142; tr., 145	Dioxaspiro-1.4 méthyl-2 décane-[4.5] ($C_9H_{16}O_2$) É 182-186° n_D^{20} 1,4518 Rdt 85 % P. M. : calc., 156; tr., 156	Dioxaspiro-1.5 méthyl-2 undécane-[5.5] ($C_{10}H_{18}O_2$) É 205-208° n_D^{23} 1,4582 Rdt 75 % P. M. : calc., 170; tr., 170

Préparation en présence d'autres catalyseurs.

	Éthylène glycol.	Propylène glycol-1.2.	Butane diol-1.3.
MoO_3	43 %	55 %	20,5 %
$TiCl_4$	76	85	75
$SnCl_4$	76	77	70
$AlCl_3$	75	76	70

Les résultats obtenus montrent en outre clairement la grande réactivité de la cyclohexanone.

Il faut noter la formation facile des dioxolanes : les rendements en cétals et acétals préparés à partir de diols en α étant supérieurs à ceux obtenus à partir de diols en 1-3 qui entraînent la formation de dioxanes.

Enfin, il faut remarquer que les catalyseurs utilisés couramment dans la réaction de Friedel et Crafts sont susceptibles de favoriser la formation de cétals et acétals. Par comparaison avec un travail précédent (6) où l'anhydride molybdique était utilisé comme déshydratant, on s'aperçoit que ceux-ci lui sont bien supérieurs. Le tétrachlorure de titane semble être le plus efficace de tous ces catalyseurs et celui à conseiller dans la préparation des dioxanes et dioxolanes de ce type.

(1) BERGMANN, FISCHER, ZINKIN et PINCHAS, *Rev. Trav. chim. Pays-Bas*, 71, 1952, p. 161.
(2) GLUZMAN et KLYUNNIK, *Zhur. obsch. Khim.*, 25, 1955, p. 2118.
(3) MAC KENZIE et STOCKER, *J. Org. Chem.*, 20, 1955, p. 1695.
(4) MELVIN, ASTLE, ZALOWSKY et LAFYATIS, *Ind. Eng. Chem.*, 46, 1954, p. 787.
(5) MASTAGLI, LAMBERT et HIRIGOYEN, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 1764.
(6) MASTAGLI, LAMBERT et HIRIGOYEN, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 2191.

(*Institut Catholique*, 12, *rue Cassette*, *Paris*, 6e.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de l'essence de géranium des eaux obtenue dans l'hydrodistillation du Géranium rosat du Maroc.* Note (*) de M. **Louis Peyron**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

La culture du Géranium rosat au Maroc et sa distillation sont relativement récentes. Du point de vue botanique, on appelle Géranium rosat un certain nombre de plantes de la famille des Géraniacées, appartenant au genre *Pelargonium*. Le Géranium rosat cultivé paraît être un hybride complexe d'origine imprécise, dont les spécialistes discutent encore la nature exacte.

Les plantes entières (tiges et feuilles) de ce végétal, distillées à la vapeur d'eau, fournissent un rendement en essence de l'ordre de 0,06 à 0,10 % (1).

Nous avons dans ce travail cherché à récupérer les produits odorants dissous dans les eaux de distillation après décantation soigneuse de l'essence. Ces eaux, habituellement perdues, sont épuisées dans un vase florentin rempli de benzène cristallisable exempt de thiophène. Ce solvant, après évaporation, fournit avec un rendement de 0,002 % par rapport au végétal mis en œuvre, une essence dont les caractéristiques sont les suivantes :

$$d_{20}^{20} = 0,8913; \quad [\alpha]_D^{20} = -6^\circ; \quad n_D^{20} = -6^\circ;$$
$$\text{I.A.} = 5,6; \quad \text{I.E.} = 28; \quad (\text{I.E.})_{ff} = 249;$$
$$(\text{I.E.})_{ac.pyr.} = 170,8; \quad (\text{I.C.O.})_f = 28; \quad (\text{I.C.O.})_{ch} = 42.$$

Ces valeurs donnent des teneurs approximatives en :

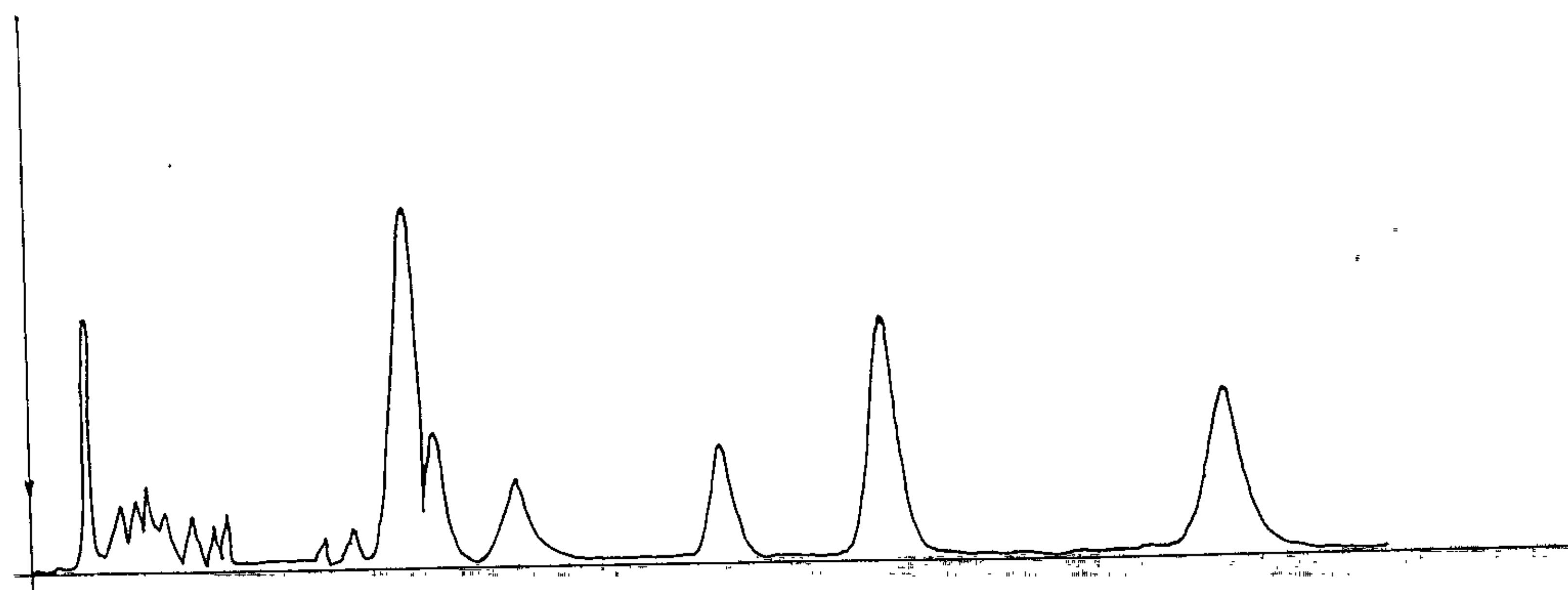
Alcools P + S + T (exprimés en P.M. 154)	79 %
Citronellol	29 »
Linalol + alcools T (exprimés en P.M. 154)	32 »
Carbonylés (exprimés en isomenthone)	10 »

Nous donnons ci-joint le chromatogramme vapeur d'un échantillon d'essence des eaux (Aérograph, Carbowax 400, 170°).

Nous avons cherché à identifier les alcools, les composés carbonylés, les esters par les méthodes que nous avions précédemment utilisées pour l'huile essentielle correspondante.

Les *alcools* représentent approximativement 79 % de l'ensemble de l'essence. Leurs dinitrobenzoates ont été préparés par réaction directe de l'essence avec l'acide dinitrobenzoïque en présence de dicyclohexylcarbodiimide (3), puis chromatographiés. La chromatographie radiale sur papier a révélé huit bandes, identifiées par comparaison avec les dinitrobenzoates témoins correspondant aux alcools suivants : éthanol, phényléthanol, citronellol (le terpinéol possède un R_f très voisin), octanol-2, hexénol, géraniol, isopentanol, hydroxy-2 diméthyl-2.6 époxy-3.6 octène-7.

La proportion des dérivés *carbonylés*, exprimés en isomenthone est de 10 % environ. Leur séparation, par le réactif de Girard et Sandulesco, puis passage aux dinitrophénylhydrazones [2] et chromatographie de celles-ci, nous conduit à identifier neuf carbonylés par comparaison avec les dinitrophénylhydrazones témoins des aldéhydes et cétones suivants : acétaldéhyde, diacétyle, isopentanal, furfural, benzaldéhyde, citral, isomenthone, et peut-être nonanal.



Nous avons utilisé la méthode de Bayer [1] et Pohloudek-Fabini [5] de recherche des *esters* dans les huiles essentielles, c'est-à-dire traitement direct de l'essence au moyen d'hydroxylamine, puis réaction avec une solution de chlorure ferrique, et enfin chromatographie radiale sur papier imprégné de chlorure ferrique. L'acide formique est le seul acide présent en quantité appréciable sous forme d'esters dans cette essence [6].

(*) Séance du 19 novembre 1962.

[1] E. BAYER et K. H. REUTHER, *Angew. Chem.*, 68, 1956, p. 698; *Chem. Ber.*, 89, 1956, p. 2541.

[2] L. PEYRON, *La France et ses parfums*, 2, n° 12, 1959.

[3] L. PEYRON, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1960, p. 613.

[4] L. PEYRON, *Parf. Cosm. Savons*, 5, n° 6, 1962.

[5] R. POHLOUDEK-FABINI et K. LUTHARDT, *Naturwissensch.*, 45, 1958, p. 314.

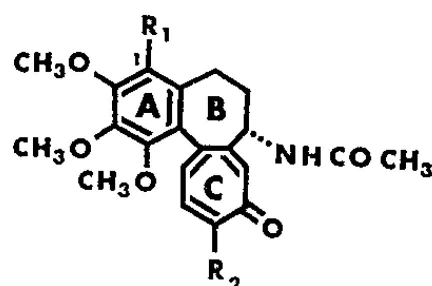
[6] M. Y. R. Naves nous a fourni un échantillon d'hydroxy-2 diméthyl-2.6 époxy-3.6 octène-7.

(*Laboratoire de Recherches*, 7, *avenue Pierre Semard, Grasse.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Formylation en série colchicinique.* Note (*) de MM. **Georges Muller** et **Dan Branceni**, présentée par M. Léon Velluz.

La formylation de la colchicine, en 1 sur le noyau aromatique, a pu être réalisée par action de l'éther méthylique *gem*-dichloré en présence de tétrachlorure d'étain. Le nouvel aldéhyde se prête à divers échanges fonctionnels. Par réduction, on accède notamment au dérivé hydroxyméthylique correspondant qui présente expérimentalement des propriétés antimitotiques favorables par rapport à sa toxicité.

On sait que la colchicine (I) ($R_1 = H$, $R_2 = OCH_3$) présente une richesse fonctionnelle qui rend délicat son abord par une grande variété de réactifs : le noyau tropolonique C, notamment, résiste mal aux interventions trop fortement acides ou alcalines. Ce fait explique sans doute qu'aucune substitution nucléaire dans le cycle aromatique A n'ait été jusqu'ici décrite, en particulier par le jeu d'une formylation préalable en 1.



I, II, III, IV

a. A la suite de nos premières études dans ce domaine [(1), (2)], nous avons observé que l'éther méthylique *gem*-dichloré constituait, en présence de tétrachlorure d'étain (3), un réactif de formylation convenant bien à la sensibilité de la structure tropolonique. Une telle réaction s'achève en effet en 2 h, dès la température ambiante. Après les traitements d'usage, elle fournit jusqu'à 80 % de 1-formylcolchicine (II) ($R_1 = CHO$, $R_2 = OCH_3$), F 249°, $[\alpha]_D + 5°$ (0,5 %, $CHCl_3$). Comme prévu, le nouvel aldéhyde — de type benzoïque — présente son signal magnétique à 592 Hz. La disparition concomitante, à 370 Hz, du signal du proton aromatique en 1 confirme que la nouvelle substitution porte réellement sur ce point.

D'une part, d'après l'ensemble de nos résultats, la réaction précédente peut être effectuée aussi bien sur la colchicine naturelle que sur la thiocolchicine (III) ($R_1 = H$, $R_2 = SCH_3$), obtenue elle-même précédemment dans notre laboratoire (2).

D'autre part, la grande versatilité de la fonction aldéhydique ouvre la voie à une suite de dérivés dont la description fera l'objet d'un Mémoire ultérieur.

Mais il peut être encore avantageux, dans ces éventualités, de mettre en œuvre un dérivé déjà attaqué en 1, puis de pratiquer dans un second

temps l'échange du méthoxyle tropolonique par un mercaptan ($R_2 = SCH_3$) ou encore par un reste aminé ($R_2 = NH_2$, $NHCH_3$).

Par leur étendue, ces séquences inverses autorisent tout naturellement plusieurs variantes expérimentales, favorables au rendement des opérations.

b. L'étude des propriétés antimitotiques a été spécialement entreprise par l'un de nous ([4]). On savait déjà, d'après les tests mis en œuvre à l'égard des thiocolchicines ([5]), que le rapport entre la dose toxique et la dose moyenne antimitotique n'était que de 3 pour la colchicine. Mais il est apparu, dans les nouveaux essais, que plusieurs colchiciniques substitués en 1 offraient une nocivité notablement réduite, tandis que leur activité restait du même ordre de grandeur.

Nous citons plus particulièrement ici, parce que l'étude en est le plus avancée ([6]), la *1-hydroxyméthyl colchicine* (IV) ($R_1 = CH_2OH$, $R_2 = OCH_3$), F 260°, $[\alpha]_D$ — 100° (0,5 %, $CHCl_3$). Pour ce produit particulier, directement issu de l'aldéhyde mère, le rapport entre la dose toxique et la dose moyenne antimitotique s'élève en effet à 55.

En bref et selon ces observations préliminaires sur l'animal, la formylation conduit dans le groupe des colchicines à des variations importantes et souvent favorables de la maniabilité.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) P. BELLET, *Ann. Pharm.*, 10, 1952, p. 81; P. BELLET et P. RÉGNIER, *Bull. Soc. Chim.*, 20, 1953, p. 756.

([2]) L. VELLUZ et G. MULLER, *Bull. Soc. Chim.*, 1954, p. 755 et 1072.

([3]) A. RIECHE, H. GROSS et E. HÖFT, *Chem. Ber.*, 93, 1960, p. 88.

([4]) Par D. Branceni.

([5]) R. JÉQUIER, D. BRANCENI et M. PETERFALVI, *Arch. intern. Pharmacodyn. Thérap.*, 103, 1955, p. 243.

([6]) *Cf.* L. VELLUZ, *Bull. Acad. Méd.* Paris, séance du 30 octobre 1962.

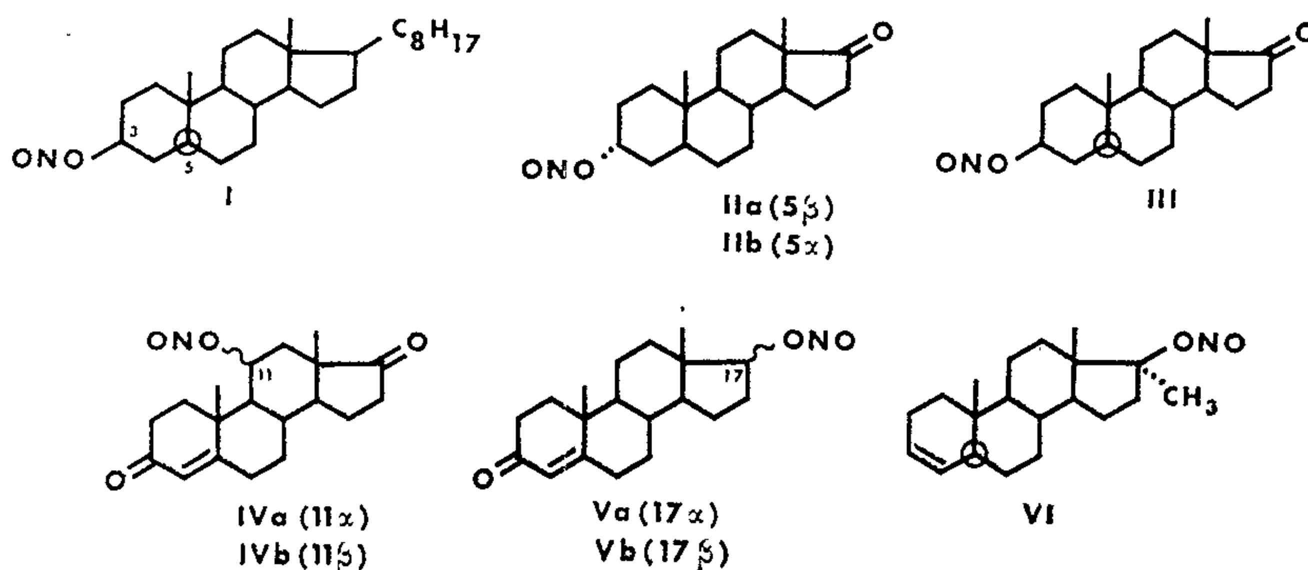
(35, *boulevard des Invalides, Paris, 7e.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *La mesure et l'étude du dichroïsme circulaire optique sur quelques esters nitreux d'hydroxystéroïdes.* Note de MM. **Maurice Legrand** et **Roger Viennet**, présentée par M. Léon Velluz.

La mesure du dichroïsme circulaire, qui a déjà fourni d'importants résultats dans l'étude structurale des stéroïdes et des cobalamines (1), permet de résoudre d'une manière simple le problème de la configuration spatiale des hydroxyles. L'activité optique des esters nitreux correspondants change en effet de signe d'un épimère à l'autre. Le phénomène a pu être observé en série stéroïde, l'hydroxyle étant situé en 3, 11 ou 17.

La configuration spatiale des hydroxyles fixés sur le squelette rigide d'une molécule optiquement active ne peut pas être déterminée par mesure directe du dichroïsme circulaire, lorsqu'il ne se trouve pas de chromophore dans le voisinage immédiat. En effet, le nouvel appareillage qui nous a déjà fourni plusieurs résultats dans ce domaine (2) ne permet pas d'atteindre la zone d'absorption de l'hydroxyle. Le problème peut toutefois être résolu par l'introduction dans la structure d'un chromophore dont le signe de l'activité se trouve précisément lié à l'orientation du groupe OH. Un tel chromophore doit présenter autant que possible une absorption dichroïque dans une zone spectrale différente de celle des autres groupes actifs et, de toute évidence, son insertion doit être simple.

Parmi les différentes possibilités, l'ester nitreux, déjà utilisé par Djerassi en dispersion rotatoire (3) pour étudier l'orientation des 20-hydroxystéroïdes, offre les meilleurs avantages. En effet, sur une structure asymétrique, ce groupe présente un dichroïsme assez complexe (4), entre 350 et 400 mμ, mais bien isolé de celui des chromophores cétoniques, conjugués ou non. D'autre part, il est possible de préparer les esters nitreux (5) sur des prises d'essai réduites (20 mg) en faisant réagir sur le produit hydroxylé en solution pyridinique, maintenue à basse température, une goutte de chlorure de nitrosyle liquéfié. Le nitrite formé peut être ensuite séparé par précipitation et centrifugation. Le plus souvent, il suffit de diluer directement avec du dioxane. L'écart type obtenu par cette voie est d'environ 4,5 %.



a. Selon nos résultats, les *nitrites en* 3 (I à III) présentent des courbes de dichroïsme offrant une structure fine très développée mais une amplitude faible. En cette position, la libre rotation de ONO apparaît peu gênée et les effets des différentes positions possibles semblent s'annuler au premier ordre. L'amplitude est cependant suffisante pour déterminer non seulement l'orientation en 3 mais aussi celle du centre 5. Bien que n'ayant pas étudié l'isomère 3β-5β, les résultats obtenus avec les composés (I) et (II *a*) conduisent à envisager que, dans ce cas, l'activité optique doit être comparable en amplitude mais de signe opposé à celle de II *b*.

b. Pour les *nitrites en* 11 *ou* 17 (IV à VI), l'intensité dichroïque est très supérieure. Mais le fait important est que l'activité optique propre à l'ester change de signe d'un épimère à l'autre. Les autres chromophores cétoniques présents perturbent légèrement l'allure de la courbe du côté des courtes longueurs d'onde mais ils ne gênent pas la détermination du signe. D'autre part, dans les conditions expérimentales utilisées, les doubles liaisons conjuguées avec un carbonyle ne semblent pas touchées par le réactif.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des données précédentes. Le détail des courbes obtenues fera l'objet d'un Mémoire séparé.

Orientations.	Signe.	Amplitude.
3α-5β	—	~0,12
3β-5α	+	~0,12
3α-5α	–	~0,02
11α	–	~1,3
11β	+	~1
17α	+	~0,8
17β	–	~1,2

(1) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 969; 255, 1962, p. 15.

(2) L. Velluz et M. Legrand, *Angew. Chem.*, 73, 1961, p. 603; L. Velluz, M. Legrand et R. Viennet, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 15.

(3) C. Djerassi, I. T. Harrison, O. Zagneetko et L. Nussbaum, *J. Org. Chem.*, 27, 1962, p. 1173.

(4) W. Kuhn, *Ann. Rev. Phys. Chem.*, 9, 1958, p. 417.

(5) D. H. R. Barton, J. M. Beaton, L.E. Geller et M.M. Pechet, *J. Amer. Chem. Soc.*, 83, 1961, p. 4076; R. Gardi et C. Pedrali, *Gazz. Chim. Ital.*, 91, 1961, p. 1420.

(Centre de Recherches, 35, boulevard des Invalides, Paris, 7e.)

GÉOLOGIE. — *Le Miocène du Béjaoua (Tunisie septentrionale).* Note (*) de M. **Henri Kujawski**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Des affleurements gréseux sont connus depuis 1927 dans le Béjaoua. M. Solignac ([1]) y récolta une macrofaune et leur attribua un âge burdigalien. Les cartes géologiques provisoires au 200 000[e] Tunis et Bizerte les font figurer sous le signe m^1, en couleur brun sombre. La carte géologique de la Tunisie au 500 000[e], 2[e] édition (1953), par G. Castany, signale également un Miocène inférieur marin *mi*; l'échelle de la carte n'a pas permis une subdivision plus fine. Le Miocène est donc représenté dans le premier cas par un seul étage. Dans le second, son importance n'est pas précisée, mais elle demeure restreinte. *Jusqu'à présent, le Burdigalien gréseux seul était connu dans le Béjaoua.*

Une observation d'ordre géométrique allait être le point de départ de recherches fructueuses : *le complexe argilo-gréseux du Burdigalien repose toujours sur des argiles et des sables argileux, et ces derniers sont discordants sur tous les termes antérieurs.* Il semblait donc, sur le terrain déjà, que les argiles et sables de base étaient indépendants du substrat, mais que leur liaison avec les grès burdigaliens devait être plus étroite.

Les conditions locales d'affleurement des couches meubles sont pratiquement toujours mauvaises. Cependant, à la faveur du ravin creusé par un affluent de droite de l'Oued Boudissa, une coupe échantillonnée a pu être levée. Cette coupe a été limitée au toit par la première masse de grès burdigalien; à la base, elle n'atteint pas le substratum éocène, car les cultures ne tardent pas à cacher les affleurements. Les échantillons ont été prélevés le long du ruisseau qui rejoint l'oued Boudissa au voisinage de la route Mateur-Béja (coordonnées du confluent : 396,3-456,4. Carte topographique Béja au 50 000[e]).

Sableuses et grises à leur base, ces argiles passent à la couleur fauve dans la partie moyenne où elles renferment de nombreuses paillettes de muscovite et des grains irréguliers de glauconie; le sommet est à nouveau gris avec des passées jaunes ou vertes et les grains de sable deviennent abondants. Il est impossible de mesurer l'épaisseur (base inconnue). On peut l'estimer à 200 m environ. Rien dans la lithologie ou la faune ne permet d'établir une coupure dans cette épaisse formation. Il n'existe aucune macrofaune. La microfaune est irrégulièrement répartie, mais le plus souvent abondante. Les espèces les plus fréquentes sont : *Uvigerina rustica* Cush., *Plectofrondicularia gemina* Silv., *Spiroplectammina carinata* d'Orb., *Nodosaria acuminata* Hantk., *Globigerinoides trilobus* Reuss, *Cibicides mexicanus* Nutt., *Plectofrondicularia* cf. *tenuissima*, *Robulus serpens* Seg., *Robulus helena* Karrer, *Globoquadrina dehiscens*, *Globoquadrina altispira*, *Globoquadrina quadraria*, *Siphonodosaria nuttali*, *Nonion soldani*

d'Orb., *Pullenia quadriloba* Reuss, *Bolivina fastigia* Cush., *Bolivina arta* Maff., *Uvigerina gallowayi* Cush., *Guttulina æqualis* Reuss, *Globigerina bulloides* (2).

Cette association apparaît dès la base. Deux des espèces sont connues jusqu'au Pliocène inférieur : *Plectofrondicularia gemina* Silv. et *Nodosaria acuminata* Hantk. D'autres apparaissent dès l'Oligocène moyen ou supérieur : *Spiroplectammina carinata* d'Orb., *Nodosaria acuminata* Hantk., *Cibicides mexicanus* Nutt., *Robulus serpens* Seg., *Globoquadrina quadraria*, *Siphonodosaria nuttali*, *Nonion soldani* d'Orb., *Bolivina fastigia* Cush., *Uvigerina gallowayi* Cush., *Guttilina æqualis* Reuss. Le maximum de fréquence est cependant, pour l'Italie du Nord, dans le Miocène : Helvétien, Burdigalien (Langhien) et Aquitanien.

Cette microfaune persiste identique plus haut. Dans la partie moyenne des argiles à coloration fauve et paillettes de muscovite, on ne trouve cependant qu'une faune arénacée, dont il n'est guère possible de tirer profit. Mais, vers le sommet, l'association initiale réapparaît et se retrouve jusqu'aux grès burdigaliens. Il s'y ajoute, pour la première fois, des *Globorotalia* : *Glb. scitula* Brady.

Reste maintenant à assigner un âge à ces argiles. Il n'est pas possible de les enfermer dans les limites étroites d'un étage. En Italie du Nord, une association de ce type date l'extrême base du Miocène (Aquitanien inclus, au moins en partie). Compte tenu des grès burdigaliens du toit, ces argiles sableuses représentent le début du cycle sédimentaire miocène. Elles seront désignées dans la suite sous le nom de « Miocène inférieur argileux ».

En 1951, P. F. Burollet, dans son *Étude géologique des bassins mio-pliocènes du Nord-Est de la Tunisie,* signalait un « Miocène inférieur bigarré » dans une région située assez loin à l'Est de la nôtre. Bien que du gypse y soit fréquent et qu'une microfaune entièrement remaniée s'y trouve, je pense que cette série détritique et lagunaire est sensiblement équivalente des argiles sableuses décrites plus haut. Ces dernières témoignent de conditions plus franchement marines : absence d'évaporites, microfaune ne comportant que des espèces en place et en partie pélagiques (*Globoquadrina* et *Globorotalia* en particulier), absence de conglomérat de base et diminution des éléments détritiques. Cependant, un trait commun existe : *ce Miocène est discordant à la base sur tous les termes antérieurs.*

Au-dessus de ce Miocène inférieur argileux, les grès alternant avec des argiles sont connus depuis les travaux de M. Solignac. *Ces assises ne constituent cependant que le second terme de la série miocène.*

Il me faut encore rappeler qu'au-dessus du complexe gréseux burdigalien, j'ai trouvé dans le synclinal qui borde au Nord le djebel el Annz une série argilo-gréseuse fossilifère, que la microfaune datait cette fois du Vindobonien (3).

Le Miocène n'était connu jusqu'ici dans le Béjaoua que par les grès burdigaliens. Il m'a donc été possible de mettre en évidence l'existence de deux séries argileuses, l'une miocène inférieure qui les supporte, l'autre vindobonienne qui les surmonte.

Par suite, un problème qui restait en suspens, à savoir l'attribution stratigraphique exacte des grès (car il demeurait possible de considérer qu'ils englobaient le Burdigalien et une partie de l'Oligocène supérieur) est aujourd'hui résolu par la découverte d'une microfaune miocène inférieur dans les argiles qui supportent les grès. Ces derniers sont en fait exclusivement miocènes.

Une reconstitution paléogéographique au Tertiaire devient dès lors possible. Première constatation : parallèlement au cours de la Medjerda, de Mateur à Souk-el-Khemis, il n'existe aucune trace d'affleurement oligocène. Immédiatement au Nord de cet axe, du djebel Abiod jusqu'aux environs de Bizerte, l'Oligocène est, au contraire, présent, atteignant jusqu'à 5 000 m de puissance. Une première phase orogénique post-éocène a donc donné naissance à une ride Nord-Est - Sud-Ouest, de Mateur à Souk-el-Khemis (et peut-être au-delà, car l'absence d'Oligocène se poursuit jusqu'en Algérie). Inversement, à l'Extrême-Nord, une flexure avec subsidence très active a entraîné l'accumulation de dépôts détritiques puissants. Une deuxième phase orogénique, post-oligocène, a entraîné l'émersion définitive de l'extrême-Nord. L'axe Mateur - Souk-el-Khemis est, au contraire, envahi par la mer; des sédiments marins s'y déposent durant tout le Miocène. Une troisième phase, post-vindobonienne, a chassé alors définitivement la mer, et tout le Nord, de la Medjerda à la mer, a émergé. Cette phase semble avoir été la plus importante, car elle a redressé jusqu'à la verticale le Miocène.

Ce schéma paléogéographique aide à saisir l'évolution du Nord de la Tunisie au cours du Tertiaire. Il n'est évidemment pas définitif, dans la mesure où des faits nouveaux peuvent encore venir préciser les résultats acquis à ce jour. Mais tel qu'il est, il rend compte de la lacune complète de l'Oligocène et de la présence d'un Miocène, marin jusqu'au Vindobonien inclus, dans la région que j'étudie.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) M. Solignac, *Étude géologique de la Tunisie septentrionale*. (*Service Carte Géol. de Tunisie*, 1927).

(2) La microfaune de ce niveau ne m'était pas familière jusqu'ici et j'ai eu recours à l'expérience des membres du service micropaléontologique de la Société pétrolière A.G.I.P.

(3) H. Kujawski, *La Structure des séries nummulitiques dans le Béjaoua oriental* (*Bull. Soc. géol. Fr.*, séance du 22 janvier 1962. Note infrapaginale n° 2) (sous presse).

(4) En particulier les renseignements tirés des séries continentales postvindoboniennes.

(*Laboratoire de Géologie, Institut des Hautes Études de Tunis.*)

GÉOLOGIE. — *Découverte d'une microfaune laguno-lacustre dans de nouveaux gisements de calcaire de Ducy.* Note (*) de Mme **Yolande Le Calvez** et M. **Charles Pomerol**, présentée par M. Jacques Bourcart.

Le marno-calcaire de Ducy, généralement considéré comme lacustre, peut renfermer en grande abondance un *Rotalidæ* d'eau saumâtre, *Discorbis bractifera* L. C. ainsi qu'une espèce estuarienne d'Ostracode, *Cypris tenuistriata* Dollfus. Avec les sables de Mortefontaine qui le surmontent et auxquels il passe insensiblement en maintes localités, cette formation peut être considérée comme un dépôt de lagunes dont la salure augmente progressivement, faciès précurseur de la transgression marinésienne.

Des échantillons de calcaire, de calcaire marneux et de marne appartenant au faciès de Ducy par la présence de Lymnées et de Bithinelles ont été récoltés dans trois localités dont les deux premières sont nouvelles et la troisième remise à jour :

— Ronquerolles (Seine-et-Oise) à la base de la sablière de la cote 167,1 en bordure de la route des Tuileries ($x = 590,25$; $y = 163,10$);

— La Chapelle-en-Serval (Oise) dans un chantier de l'autoroute du Nord à l'Est de la route de Plailly ($x = 616,3$; $y = 157,9$; $z = 95,5$);

— Crépy-en-Valois (Oise) où le calcaire de Ducy, déjà connu dans des exploitations aujourd'hui oblitérées, est de nouveau visible dans les talus rafraîchis lors de l'élargissement du virage de la route d'Ormoy-le-Davien ($x = 642$; $y = 168,5$; $z = 135$).

La désagrégation physique des marnes et calcaires marneux par l'eau oxygénée a libéré, dans les échantillons provenant de ces trois localités, une microfaune très pauvre en espèces mais riche en individus. C'est ainsi qu'à la Chapelle-en-Serval, la formation de Ducy, épaisse de 1 m environ, s'est révélée, à la partie supérieure un peu plus marneuse, extraordinairement riche en *Discorbis bractifera* L. C.

D'un échantillon brut de 151 g, il restait, après désagrégation et lavage sur tamis à mailles de 0,05 mm, 14,1415 g renfermant 0,8151 g de *Discorbis bractifera*. Le poids moyen de 600 individus de cette espèce étant 0,0169 g on peut estimer à 30 000 environ le nombre de *Discorbis bractifera* contenu dans l'échantillon, soit approximativement 200 par gramme.

Une telle densité de peuplement semble exceptionnelle. Elle montre de toute évidence que les Foraminifères n'ont pas été repris d'une formation antérieure. Leur excellent état de conservation confirme ce point de vue. Ils ont probablement vécu dans un milieu lagunaire légèrement saumâtre où les conditions de vie ne permettaient que l'épanouissement d'une seule espèce.

La présence de Lymnées et de Bithinelles ne contredit pas cette hypothèse car ces Gastéropodes peuvent supporter une légère salinité. Il en est de même pour l'espèce d'Ostracode déterminée par M. V. Apostolescu,

Cypris tenuistriata Dollfus. Le genre Cypris se rencontre aujourd'hui aussi bien dans les eaux douces que dans les eaux de faible salinité. Il faut noter aussi que cet Ostracode, déjà signalé dans la zone II du Bartonien (Marinésien), et dans le Sannoisien n'est connu ni dans le Lutétien, ni dans la zone I du Bartonien (Auversien). Ce serait ainsi une raison supplémentaire pour rapporter le calcaire de Ducy au Marinésien.

Ce même échantillon de la Chapelle-en-Serval a livré deux espèces de Charophytes que M. L. Grambast a bien voulu examiner. La première *Mædleriella mangenoti* Gramb., forme du Lutétien supérieur et de l'Auversien qui n'a encore jamais été trouvée dans le calcaire de Saint-Ouen; l'autre Charophyte, mal conservée, est probablement une espèce nouvelle. Cette flore est d'ailleurs moins riche que celle du calcaire de Ducy dans sa localité type.

A cause de la présence des Lymnées, le calcaire de Ducy était généralement considéré comme lacustre. L. et J. Morellet ([1]) le désignaient sous le nom de « couches à *Limnea arenularia*, lacustres » et l'opposaient aux couches à *Avicula defrancei* marines (horizon de Mortefontaine). Ces auteurs avaient toutefois remarqué en certains points, à Paris notamment, des niveaux marneux et argileux à intercalations gypseuses où ils notèrent la présence du genre *Rotalia* sans préciser l'espèce ([2]). Mais l'horizon de Ducy, sous son faciès calcaire à Lymnées et Bithinelles, apparaissait bien comme typiquement d'eau douce.

Or la présence de *Discorbis bractifera*, déjà reconnue dans le calcaire de Saint-Ouen, semble pouvoir être considérée comme très générale dans le marno-calcaire de Ducy. L'analogie faunistique entre les faciès de Ducy et de Saint-Ouen indique une similitude de faciès correspondant à des conditions paléogéographiques similaires. Ces formations laguno-lacustres sont séparées dans le Vexin et le Parisis par un épisode où l'influence marine est plus prononcée, le faciès de Mortefontaine.

Il serait alors plus logique d'admettre, comme nous en avions déjà émis l'hypothèse en nous appuyant sur des considérations sédimentologiques ([3]), que l'influence de la mer marinésienne s'est manifestée dès les premières couches déposées transgressivement sur les sables de Beauchamp, après l'émersion post-auversienne, marquée notamment par la formation de grès associés à des paléosols.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) L. et J. MORELLET, *Bull. Soc. géol. Fr.*, (4), 25, 1925, p. 59-66.

([2]) L. et J. MORELLET, *Le Bartonien du bassin de Paris.* [*Mémoires de la Carte géologique de France*, 1948, 1 volume in quarto, 437 pages (p. 69)].

([3]) C. CAVELIER et CH. POMEROL, *Le Bartonien de Ronquerolles (Seine-et-Oise)*, Communication présentée à la Société géologique de France, séance du 2 avril 1962.

(*Bureau de Recherches Géologiques et Minières* et *Laboratoire de Géologie du S.P.C.N.*, *Faculté des Sciences de Paris.*)

GÉOLOGIE. — *Observations sur certains rythmes de l'épirogenèse.* Note de M. **Dominique Reyre**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Il est reconnu depuis longtemps qu'en dehors de tout zone « géosynclinale » active, de vastes aires continentales sont périodiquement surélevées, puis aplanies par le jeu de l'érosion.

L'étude de tels cas conduit rapidement à l'idée que cette sorte d'intumescence continentale croît chaque fois plus vite qu'elle ne décroît ensuite.

La preuve peut en être apportée dans le cas de la péninsule Arabique.

Des publications récentes permettent, en effet, d'apprécier l'étendue des surfaces d'érosion qui s'y sont développées à certaines époques (passage du Jurassique au Crétacé-Oligocène). On peut, de même, évaluer l'extension maximale des mers aux moments où les transgressions paraissent avoir atteint leur plus grande ampleur (Callovien-Maestrichtien-Paléocène). Il est aisé de montrer que leurs fluctuations ne peuvent être attribuées de manière habituelle à l'eustatisme [(1) à (8)].

Le graphique ci-après représente les variations, en fonction de temps, de la surface émergée de la plate-forme arabique, à l'Est d'une ligne joignant Djibouti à Suez.

L'incertitude qui règne sur la chronologie des événements, ou sur le tracé des rivages, n'est pas telle que l'allure de la courbe obtenue puisse changer radicalement.

Elle montre clairement que le développement de l'intumescence continentale dure trois à quatre fois moins longtemps que sa décroissance.

Il paraît intéressant de rapprocher ce fait du caractère généralement très détritique de la sédimentation au cours de la première moitié de la période de décroissance, c'est-à-dire dans le cas considéré jusqu'au milieu du Cénomanien.

Cela implique, sans nul doute, que l'abrasion se manifestant dès le début de l'intumescence est restée très active sur les aires émergées, au cours même de la décroissance.

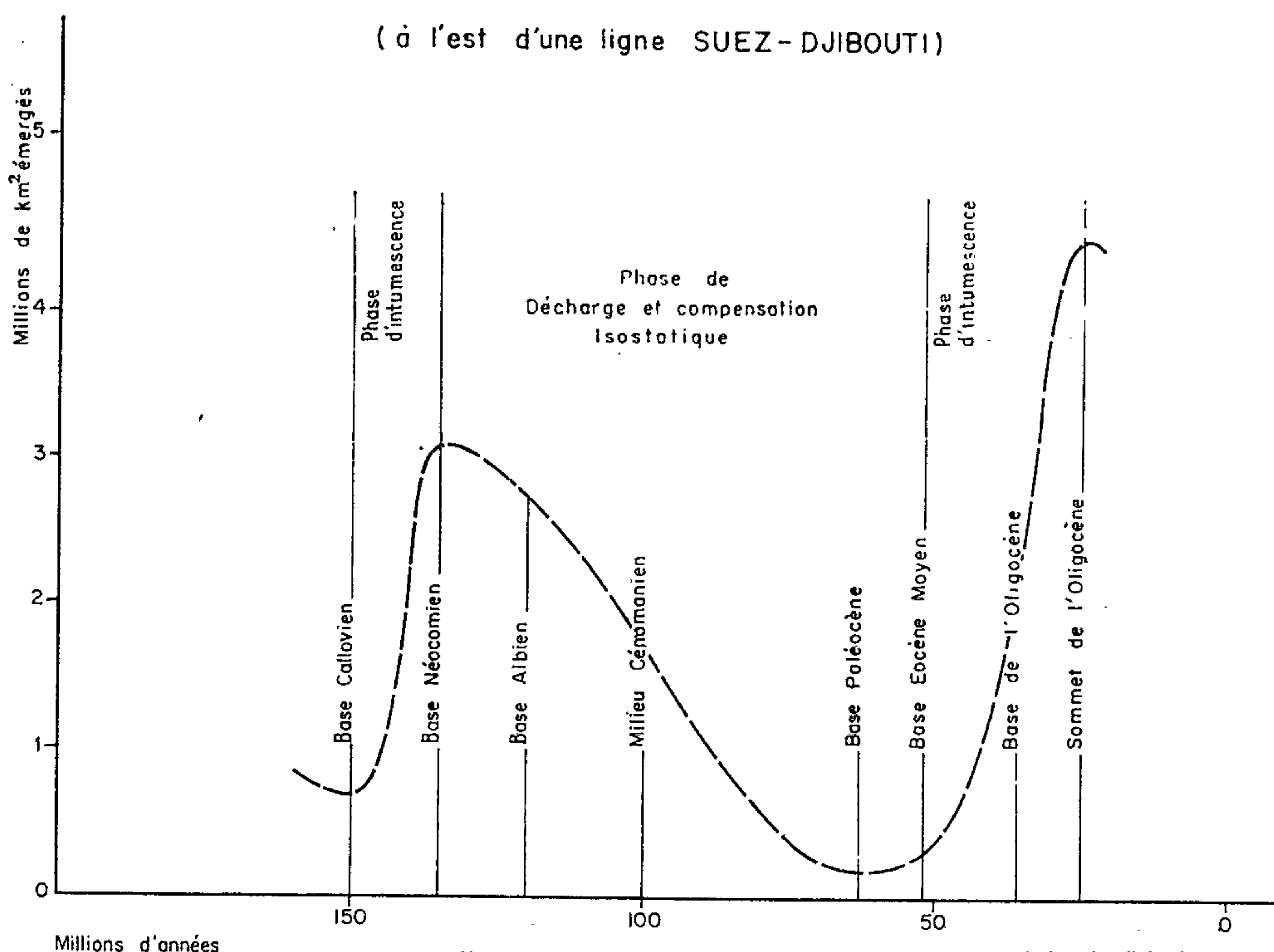
La décharge ainsi provoquée a été nécessairement (9) compensée par le jeu isostatique du tréfonds, ce qui rend à chaque moment, au continent, une part notable de l'altitude perdue du fait de l'érosion.

La lenteur de la décroissance s'explique ainsi, en grande partie, par la compensation isostatique.

L'intervention de ce mécanisme entraîne une autre conséquence : la compensation implique, en effet, des transferts de matière infracrustaux (10) équivalant en masse, au matériel enlevé à la région en voie d'abrasion. Ces transferts vont évidemment se faire à partir des zones géographi-

quement les plus voisines de cette dernière, d'où subsidence périphérique donnant à la transgression marine son aspect irrésistible. Inversement, comme l'ampleur des répliques isostatiques de l'intumescence initiale diminue sans cesse, il en sera de même de l'importance du creusement des bassins qu'occupent ou veulent occuper les mers en voie de transgression sur l'aire continentale.

VARIATION DE LA SURFACE ÉMERGÉE DE LA PÉNINSULE ARABIQUE EN FONCTION DU TEMPS



On retrouve là le fait, récemment mis en évidence par A. Perrodon ([11]), d'une corrélation entre la diminution de profondeur d'un bassin sédimentaire épicratonique et l'extension croissante des mers qui l'occupent.

Il reste à établir la généralité de ce mécanisme. Il serait très précieux que des faits comparables à ceux qui viennent d'être rapportés puissent être mis en évidence, concernant d'autres régions du globe et des époques géologiques différentes.

(1) W. J. Arkell, *Jurassic geology of the World*, 1956.

(2) Z. R. Beydoun, *Actes 21e Cong. Geol. Int.*, 21, 1960, p. 131-149.

(3) G. F. Brown, *Actes 21e Cong. Geol. Int.*, 9, 1960, p. 69-77 et 21, 1960, p. 150-159.

(4) L. Dubertret, *Association Services Géologiques Africains*, Mexico 1956, p. 377-384.

(5) M. K. El Ayouti, *Geology of Belayim oil Fields* (3e *Congrès Arabe-Pétrole*, 1961).

(6) *Habitat of Oil*, A Symposium edited by L. G. Weeks, Publ. A. A. P. G., Tulsa, 1958. Notes de N. I. V. Dunnington, N. Steineke, R. A. Brankamp, N. J. Sander, R. M. S. Owen and S. M. Nasr.

(7) R. Karpoff, *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6e série, 1957, p. 653-697.

(8) P. G. Temple et L. J. Perry, *Geology and Oil occurence Southeast Turkey* (*A. A. P. G.*, 40, n° 9, 1962).

(9) B. Gutenberg (*Physics of the Ecarth's Interior*, 1959) écrit « le résultat fondamental découlant des mesures de la pesanteur est la confirmation du fait que l'équilibre isostatique existe sur la plus grande partie de la terre » (p. 53). Cela est particulièrement vérifié pour les boucliers.

(10) N'ayant rien à voir avec les courants de convection des théories orogéniques, courants dont l'action ne saurait être invoquée en raison du non synchronisme des événements affectant orogènes et boucliers.

(11) A. Perrodon, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2614.

(*Société des Pétroles d'Afrique équatoriale, Direction Exploration.*)

GÉOLOGIE. — *Les différentes unités de la Sierra de l'Espuña (province de Murcie, Espagne).* Note de M. **Jacques Paquet**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La Sierra de l'Espuña, classiquement rattachée au domaine bétique, est formée de nombreuses unités superposées à matériel stratigraphique distinct. Les découvertes de niveaux non connus jusqu'à présent seront exposées dans l'étude des unités. P. Fallot (1) a défini l'appartenance bétique de la Sierra de l'Espuña; N. et Y. Peyre (2) en ont étudié certains termes. Récemment, E. Trigueros et A. Navarro (3) en ont étudié la base.

De bas en haut, on peut définir les unités suivantes :

1° *l'unité de los Molinos* (4), alpujarride constituée par des phyllades violettes (Paléozoïque) suivies de quartzites verts (Permien?), puis d'une série gréseuse lie-de-vin (Trias inférieur). Le Muschelkalk est représenté par des calcaires en plaquettes. Il est suivi de dolomies bleu sombre (Muschelkalk?);

2° *les unités permo-triasiques* (4) (de Yechar, du Morron Largo et de l'Atalaya), formées d'une puissante série gréseuse lie-de-vin [Permo (?)-Trias] (conglomérats violacés à galets de quartzites blancs et marnes schisto-gréseuses), suivie de dolomies noires attribuables au Muschelkalk. Dans une de ces unités, apparaissent, sous les dolomies, des calcaires en plaquettes du Muschelkalk. Sur les dolomies noires, on peut trouver des niveaux de marnes à gypse avec des cargneules et des dolomies ocres (Trias supérieur).

Ces unités sont caractérisées par l'absence de tout terme métamorphique. Elles ont, par leur série gréseuse, des affinités avec la nappe de Malaga.

3° *l'unité du Morron de Totana* (4) : il s'agit de l'unité la plus massive constituée de terrains allant du Trias inférieur à l'Oligocène inférieur. La base de cette unité est formée d'une série rouge brique avec des conglomérats, des grès en plaquettes associés à des marnes gréseuses [Trias inférieur ou Permo (?)-Trias], de dolomies noires à silex ocres suivies de dolomies noires à patine grise (base du Muschelkalk). A l'ensemble dolomitique, fait suite un Muschelkalk classique (calcaires à *Fucoïdes* et débris végétaux). Le Trias supérieur est représenté par des marnes bigarrées à gypse, cargneules et dolomies ocres. Le Jurassique est calcaire et formé de bas en haut par des dolomies argileuses (Rhétien), suivies de dolomies grises (Lias inférieur) et de calcaires compacts oolithiques. Vient ensuite le Domérien oolithique et ferrugineux avec une riche faune d'Ammonites et de Brachiopodes (Domérien moyen). Le Jurassique moyen est constitué de calcaire légèrement marneux à filaments. Le Malm est calcaire, pauvre en faune. Le Tithonique à *Calpionella alpina* Lorenz est calcaire et légère-

ment gréseux en son sommet. Le Crétacé moyen, sous forme de marnes gréseuses à *Globigerina washitensis* (Albien supérieur), occupe les fissures d'un karst ou des cuvettes d'érosion au toit du Tithonique. Le Crétacé supérieur est vraisemblablement *complet, mais réduit*. Ce sont des calcaires compacts et des marnes blanches. Le Tertiaire comporte les termes suivants : Cuisien (calcaires à Alvéolines); Lutétien (calcaires à Gastéropodes, calcaires et marno-calcaires à grandes Nummulites; Biarritzien (selon Schaub et Hottinger) (calcaires gréseux à Orbitolitidés); Priabonien (calcaires à Algues et calcaires compacts à *Chapmanina*); Oligocène inférieur (calcaires à Lépidocyclines).

4° *l'unité de Prat Mayor* et l'écaille de la Fuente Blanca qui s'y rattache s'étendent au Nord-Est de la Sierra de l'Espuña et forment, en particulier, la grande dépression de la vallée de Prat Mayor. Le Jurassique est dolomitique à la base (Lias inférieur), puis uniformément calcaire jusqu'au Tithonique à *Calpionella alpina* Lorenz. L'Albien supérieur à *Globigerina washitensis* est sous forme de marnes gréseuses glauconieuses. Sur l'Albien repose le Crétacé supérieur avec des calcaires compacts à *Globotruncana* et des couches à *Microcodium*. En transgression sur le Jurassique, on observe des calcaires à Alvéolines du Cuisien. La série tertiaire se poursuit par des argiles bleu noir à lignite avec de nombreux Gastéropodes. Ces argiles contiennent des intercalations de calcaires marneux à Gastéropodes et de conglomérats à quartz blancs. Des calcaires à Milioles et à Gastéropodes entrent dans la composition de cette série tertiaire. Leur position est assez mal définie. On les voit souvent directement transgressifs sur le Jurassique. A ces couches à Milioles fait suite une série de type flysch, mais réduite, avec des grès grossiers à galets de dolomie liasique, de calcaires jurassiques, de calcaires du Crétacé supérieur et contenant des Orbitolines. L'âge de ces formations est tertiaire. Aucune précision ne peut être avancée jusqu'à présent.

5° *l'unité de la Perona* : elle s'étend aussi au Nord-Est de la Sierra de l'Espuña et est formée de terrains jurassiques : dolomies grises du Lias inférieur, calcaires gréseux roux du Pliensbachien, auxquels fait suite une série de calcaires oolithiques blancs.

6° *l'unité supérieure* : elle forme le front nord de la Sierra et est composée, de bas en haut, par des conglomérats calcaires à éléments uniquement jurassiques (calcaires et dolomies), d'âge sûrement tertiaire mais non précisable (Éocène supérieur-Oligocène inférieur?), suivis de calcaires à Algues. Des marnes ocres de l'Oligocène supérieur terminent cette série.

Le chevauchement de la Sierra de l'Espuña sur une série plus septentrionale est visible en très peu d'endroits. Au kilomètre 22 de la route de Totana à Bullas, des dolomies grises liasiques chevauchent des calcaires à Lépidocyclines. Un peu plus à l'Est, les conglomérats de l'*unité supérieure* chevauchent des marnes de l'Oligocène supérieur.

Conclusions. — Le Bétique de la Sierra de l'Espuña se caractérise donc comme suit : sur une base alpujarride (Paléozoïque métamorphique) reposent :

1° des *unités permo-triasiques* à affinités « nappe de Malaga »;

2° l'*unité du Morron de Totana* à Keuper marno-gypseux, Domérien ferrugineux, Crétacé moyen transgressif, Crétacé supérieur apparemment complet, Tertiaire quasi complet, sauf Paléocène;

3° l'*unité de Prat Mayor* à Crétacé moyen transgressif, Crétacé supérieur calcaire à *Microcodium*, Tertiaire de type laguno-continental à la base et marin (faciès de type flysch) au sommet;

4° l'*unité de la Perona* à Pliensbachien gréseux et ferrugineux;

5° l'*unité supérieure* à Éocène supérieur (?)-Oligocène supérieur marin.

(1) P. FALLOT, *Cons. sup. Inv. Cient.*, Madrid, 1945.

(2) N. et Y. PEYRE, *N. y Com. Inst. geol. y Min. Esp.*, 1960, p. 2-22.

(3) E. TRIGUEROS et A. NAVARRO, *Ibid.*, 1961, p. 3-20.

(4) J. PAQUET, *Ann. Soc. géol. Nord*, 82, 1962 (sous presse).

(*Institut de Géologie, Faculté des Sciences, Lille.*)

GÉOLOGIE. — *Zones Courmayeur-Airolo et Chamonix-Urseren.* Note de M. **André Amstutz**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Enraciner les nappes helvétiques dans la Zone de Courmayeur est une habitude qui dure depuis longtemps, mais qui me paraît erronée et gênante pour la compréhension du mécanisme orogénique de la chaîne alpine. En effet, par les coupes et cartes d'Argand et Lugeon cette jonction tectonique est devenue une conception classique dont il ne faut pas s'étonner, car à l'époque on manquait de données et même d'aussi grands géologues que Lugeon et Argand pouvaient alors, dans ces conditions, faire une jonction erronée; mais en continuant aujourd'hui encore dans la voie ainsi tracée M. Trumpy [1] et quelques autres auteurs méconnaissent les faits chronologiques et géométriques suivants.

1. Les nappes helvétiques comportent toutes de l'Oligocène inférieur; l'Ultrahelvétique contient du Priabonien; et dans la Zone de Chamonix il a été trouvé du Nummulitique probablement priabonien. Tandis que dans les « nappes préalpines » et dans la Zone de Courmayeur, le Tertiaire ne monte pas au-delà du Flysch paléocène, malgré que cette zone ait été fouillée par plusieurs géologues (Schoeller, Barbier, Elter, Cita, Trumpy, Grasmuck, Tricker, Burri, et récemment encore Baggio, Elter, Malaroda). Autrement dit, sur une carte de l'Helvétique et du Préalpin qui grouperait par définition en vert : les éléments comportant du Tertiaire jusqu'au Priabonien ou à l'Oligocène inférieur, et en bleu : ceux qui ne comportent pas de Tertiaire au-delà du Paléocène, on aurait d'une part : Helvétides, Ultrahelvétique et Zone de Chamonix en vert, et d'autre part : Nappes préalpines et Zone de Courmayeur en bleu [2].

Comment s'expliquer clairement et complètement cette répartition stratigraphique si ce n'est par deux groupes de diastrophismes, deux séries de subductions, l'une éocène, l'autre oligocène ? Il appert, en effet, par la discrimination chronologique faite ci-dessus, que les diastrophismes tertiaires se sont passés comme s'ils avaient créé, *par une série de subductions éocènes*, les nappes préalpines dans un état embryonnaire et la Zone radicale de Courmayeur dans son état actuel (abstraction faite, bien entendu, des ajustements isostatiques) et comme si les Helvétides, l'Ultrahelvétique et la Zone de Chamonix étaient postérieurs et dûs à *une série de subductions oligocènes*; un écoulement subséquent ayant porté et étalé encore plus au Nord les Nappes préalpines qu'avaient créées, dans leur état embryonnaire, les subductions éocènes [3].

2. Les faits géométriques suivants corroborent cette explication.

Venant de la Maurienne (beau travail de R. Barbier) et du vallon de Contamines, la bande mésozoïque et tertiaire Chamonix-Urseren s'allonge sur le flanc méridional des Aiguilles-rouges jusqu'à la vallée du Rhône,

apparaît d'une manière encore meilleure près de Sion, et se poursuit jusqu'à l'Urseren et au-delà, traçant sur la carte une ligne relativement continue si l'on tient compte des profondeurs à l'origine.

La bande mésozoïque et paléocène Courmayeur-Airolo présente, par contre, de très importantes discontinuités. Elle atteint 5 km d'épaisseur près de Courmayeur et se poursuit dans les Vals Ferret et le bas du Val de Bagnes avec une épaisseur qui est aussi très grande; tandis que près du Rhône son épaisseur se réduit brusquement et n'a guère plus de 1 km près de Sion. De plus, en rencontrant près du Rhône la bande Chamonix-Urseren, sa direction varie brusquement d'env. 30° et devient parallèle à celle-ci, *exactement comme si la bande tectoniquement éocène Courmayeur-Airolo avait été coupée et en grande partie détruite par la première des subductions oligocènes Chamonix-Urseren.*

3. La structure à première vue très étrange du front des nappes simploniques s'explique aussi par les subductions précédentes. Il y a là, en effet, des plis accentués et serrés (et des têtes gneissiques courbées et tirées en profondeur) qui sont mis en évidence par quelques profils de Schmidt-Preiswerk et qui montrent nettement que les parties frontales de ces nappes simploniques ont été remaniées et comprimées postérieurement à leur écoulement; car de telles compressions, de telles structures, sont évidemment à l'antipode des étalements par écoulement que devraient normalement présenter les strates en ces lieux (le régime d'écoulement par gravité des parties indemnes comprises entre cette zone frontale et les zones radicales étant mis en évidence par l'involution du Monte-Leone-Wasenhorn).

Or, comme je l'ai dit dès 1954 et comme on peut le vérifier dans toutes les zones de subductions, dans toutes ou presque toutes les zones radicales de nappes, les parties surmontant la surface principale de cisaillement présentent (lorsqu'elles ne sont pas proches d'une subduction antérieure) des phénomènes de contraction, sous forme de plis, d'écailles, de froncements; tandis que les parties sous-jacentes sont toujours laminées, étirées, avec une schistosité parallèle à cette surface de cisaillement mais graduellement décroissante avec l'éloignement ([4]).

Il est donc plus que probable, d'après les emplacements, que *les compressions et autres déformations secondaires du front des nappes simploniques dérivent des subductions éocènes Courmayeur-Airolo; elles en sont vraisemblablement un effet accessoire.* Car ce front de nappes est situé à faible distance au-dessus des surfaces de cisaillement Courmayeur-Airolo, et c'est justement là, en cette zone limitrophe pennique, que doivent normalement se trouver les contractions caractéristiques des parties surmontant la surface principale de cisaillement lors des subductions ([5]).

Conclusion. — Il ne faut plus enraciner les Helvétides à Courmayeur; elles sont à raccorder à la bande tectoniquement oligocène Chamonix-Urseren; tandis que les nappes préalpines, elles seules, proviennent de

la bande tectoniquement éocène Courmayeur-Airolo. Le changement de direction et l'amincissement de celle-ci près du Rhône résultent de sa destruction partielle par les subductions oligocènes Chamonix-Urseren. D'autre part, les compressions et autres déformations secondaires du front des nappes simploniques, surprenantes au premier abord, sont vraisemblablement un effet accessoire des subductions Courmayeur-Airolo et, partant, sont bien normales en cette zone limitrophe pennique surmontant la première des surfaces de cisaillement de ces subductions.

Tels sont les changements de conception qui s'imposent actuellement et qui permettent de mieux comprendre une partie importante du mécanisme orogénique alpin.

(¹) Esquisse tectonique de la feuille Saint-Bernard parue en 1958.

(²) Bleu et vert sont les teintes adoptées pour ces éléments sur une carte tectonique parue dans les *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2531.

(³) Lugeon a noté quelque part qu'une ébauche de nappes préalpines existait probablement sur le dos des nappes helvétiques lors de la naissance de celles-ci, mais sans préciser davantage spatialement et chronologiquement. D'autre part, la distribution des schistosités étudiées par P. Fourmarier s'accorde très bien avec cette conception.

(⁴) Étirements d'une part et contractions d'autre part se compensent en majeure partie (*cf.* les 480 km de rétrécissement du géosynclinal alpin découverts par M. Cadisch).

(⁵) Peut-être s'est-il produit à l'Éocène un effet accessoire du même genre dans les calcaires des Pontis : contraction et épaississement de la masse par des plis serrés, mais ce n'est évidemment qu'une hypothèse.

GÉOLOGIE. — *Sur la présence de Miogypsines dans les grès de Montezemolo (Aquitanien) entre Ceva et Millesimo (Italie, Piémont).* Note de M. **Claude Lorenz**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La découverte de *Miogypsina* gr. *gunteri-socini* et de *Miogypsinoides* aff. *complanata* confirme l'âge aquitanien de la base des grès de Montezemolo et permet de proposer de nouvelles attributions stratigraphiques pour les termes inférieurs de la série oligo-miocène dans ce domaine.

La série oligo-miocène, entre Ceva et Millesimo, débute par des grès transgressifs de l'Aquitanien inférieur ([1]) surmontés par des marnes grises. Ces marnes, attribuées au Stampien et à l'Aquitanien sur la carte au 1/100 000 de Sacco ([2]), forment, à Ceva, une assise d'environ 200 m de puissance et supportent les grès roux « langhiens ». Vers l'Est, la partie supérieure de ces marnes, passe, à Mollere, à des marnes gréseuses en plaquettes dans lesquelles, à Priero, s'intercalent les premiers bancs gréseux de la formation de Montezemolo. Ce passage latéral, assez rapide, masqué à Priero, est bien visible à l'Est de Montezemolo, en descendant à Strada, le long de la route, près de Casa Sogli. Là, sur quelques mètres, apparaît, au milieu des marnes grises, un banc gréseux qui atteint rapidement plusieurs mètres de puissance.

La formation gréseuse prend ensuite un grand développement à Montezemolo et surtout vers Cengio. Elle consiste, alors, en un ensemble de bancs de grès gris ou beige de puissance très variable (quelques centimètres à plusieurs mètres) et de marnes grises gréseuses en plaquettes ou feuilletées. A Montezemolo, par suite d'un anticlinal Nord-Sud s'ennoyant vers le Nord, la formation affleure largement et constitue une série de hauteurs séparant les vallées de Ceva et de Millesimo. Vers le Nord-Est, les grès se prolongent par le faciès plus ou moins gréseux surmontant les marnes grises entre Millesimo et Acqui.

Les fossiles des grès, ou de leur équivalent latéral, les marnes en plaquettes, avaient déjà été signalés par Rovereto mais ne permettaient pas de préciser l'âge de la formation. Ce n'est que par sa position, dans la succession stratigraphique de l'Oligo-Miocène, qu'elle avair été attribuée à l'Aquitanien par Sacco ([2]) et Rovereto ([3]).

Au cours de l'étude de cette région, nous avons découvert vers la base des grès une microfaune à Miogypsines apportant d'importantes précisions stratigraphiques.

A Priero, au-dessus de Casa Gifra, au Nord du village, affleure, vers 540 m d'altitude, le premier banc gréseux de la formation de Montezemolo dans cette zone. Le grès, à ciment calcaire, est formé d'éléments de quartz, de calcaire, de dolomie et de rares roches vertes dont la taille varie de 0,5 à 1 mm. Il contient de nombreuses Miogypsines mesurant en moyenne

1,2 mm (quelques rares individus atteignent 3 ou 4 mm) et présentant des couches latérales très développées. L'appareil embryonnaire, tangent à la périphérie, possède un stade népionique de 11 loges, en moyenne, suivant une grosse loge primaire auxiliaire. Ces loges entourent une protoconque et une deutéroconque sensiblement égales et d'environ 150 μ de diamètre. Ces caractères permettent d'attribuer ces formes au groupe *Miogypsina gunteri* Cole-*Miogypsina socini* Drooger.

Elles sont associées à *Miogypsinoides* aff. *complanata* Schlum., *Operculina* cf. *complanata* Defr., *Amphistegina* cf. *lessonii* d'Orb., *Lepidocyclina* sp., *Heterostegina* sp., des Lagenidés, Rotalidés, Dentales, des débris d'Oursins, de Lamellibranches, de Balanes et des Bryozoaires.

A un niveau sensiblement comparable, entre Priero et Montezemolo, le long de la route, à 200 m à l'Est de Casa Rumazza, nous avons récolté, avec M. Lanteaume, des *Miogypsinoides* aff. *complanata* Schlum. Leur taille est d'environ 1,7 mm et elles montrent un stade népionique de 14 loges en moyenne. Nous avons également trouvé cette espèce à quelques mètres au-dessus du banc de grès déjà signalé à Casa Sogli.

Miogypsina gunteri Cole, pour C. W. Drooger ([4]), caractériserait l'Aquitanien inférieur à moyen et *Miogypsina socini* Drooger, l'Aquitanien moyen à supérieur. *Miogypsinoides complanata* Schlum. a, malheureusement, une répartition plus large et assez discutée. Elle apparaîtrait avant l'Aquitanien et serait présente dans tout l'étage. Cependant, d'après la récente publication de A. Poignant ([5]), le nombre de loges népioniques, relativement faible, de nos *Miogypsinoides*, permettrait de les rapporter à l'Aquitanien moyen.

En se basant sur la répartition stratigraphique de ces Miogypsines, on peut dater de l'*Aquitanien* la base de la formation de Montezemolo, aux environs de Priero.

Cette datation confirme l'attribution stratigraphique des anciens auteurs et fournit un important repère, dans la série oligo-miocène. Elle conduit à admettre, également, un âge aquitanien pour les marnes grises comprises entre les grès transgressifs de l'Aquitanien inférieur, de Ceva à Millesimo, et la base de la formation de Montezemolo.

En conservant l'attribution des grès roux au « Langhien » (= Aquitanien supérieur et Burdigalien inférieur ?), il devient possible de proposer les âges suivants pour les divers termes lithologiques de la série oligo-miocène de la région, considérés de bas en haut :

1. Conglomérats et grès transgressifs (attribués au « Tongrien » ou au Stampien)	Aquitanien inférieur
2. Partie inférieure des marnes grises de Ceva (attribuées au Stampien)	Aquitanien inférieur à moyen ?
3. Partie supérieure des marnes grises de Ceva passant latéralement au grès de Montezemolo (attribués à l'Aquitanien)	Aquitanien moyen ?
4. Grès sableux roux	« Langhien »

(1) CL. LORENZ, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1683.

(2) SACCO, *Carta geologica d'Italia* 1/100 000, feuille 81, *Ceva*, 1887-1888, revue en 1932. Notice explicative, Roma, 1943.

(3) ROVERETO, *Nuovi studi sulla stratigrafia e sulla fauna dell' Oligocene ligure*, Genova, 1914; *Liguria geologica*, Roma, 1939.

(4) C. W. DROOGER, *Proc. Kon. Ned. Ak. Wetensch.*, série B, 57, 1954; *Verh. Kon. Ned. Ak. Wetensch.*, 21, n° 2, 1955.

(5) A. POIGNANT, *Rev. Micropal.*, 5e année, n° 1, 1962.

(*Laboratoire de Géologie du Collège de France.*)

GÉOLOGIE. — *Relations pétrogénétiques entre les migmatites œillées et le granite du Velay (Massif Central français).* Note (*) de M. **Alain Weisbrod**, transmise par M. Marcel Roubault.

L'arc des migmatites du Velay peut être divisé en deux unités génétiquement indépendantes, quoique en général structuralement concordantes : d'une part les migmatites œillées stratoïdes, et d'autre part les migmatites granitiques résultant d'une mobilisation plus tardive. Cette granitisation reprend en partie les migmatites œillées et aboutit au granite à cordiérite du Velay. Le problème des occurences de la cordiérite dans ces roches est rapidement discuté.

Dans une Note précédente (1) j'ai pu mettre en évidence le fait que la cordiérite était apparue tardivement dans les migmatites du Velay. De nouvelles études de terrain ont montré que la discordance du « front de la cordiérite » sur la structure des gneiss œillés est telle que, dans la région de Vals-les-Bains (Ardèche), il peut atteindre la zone des micaschistes indemnes de feldspathisation. Mais alors que dans les régions occidentales l'apparition de la cordiérite ne semble entraîner aucune modification importante de la structure des roches, il n'en est plus de même dans les régions orientales (Vals) : le minéral y est en effet toujours accompagné de passées granitiques tantôt floues, tantôt à bords plus francs, pratiquement isotropes. Lorsque, partant de ce stade, on se dirige vers le Nord, on passe rapidement, par granitisation progressive, à des migmatites hétérogènes (migmatites *s. str.* à faciès bréchoïde, type agmatite ou granitoïde, type nébulite), puis au granite du Velay typique, riche en cordiérite et en enclaves de schistes cristallins, tel qu'il se présente, par exemple, dans la carrière du barrage de Lapalisse (Ardèche).

Ainsi, dans la région de Vals, le granite du Velay se forme directement aux dépens des micaschistes et ne constitue nullement un terme final de l'évolution des migmatites œillées stratoïdes (2).

Au fur et à mesure qu'on se déplace vers l'Ouest, on voit le granite se former selon le même processus, à partir des diadysites, puis des embréchites et enfin des anatexites œillées. Ce stade, pratiquement atteint dès le village de Thueyts (à une dizaine de kilomètres à l'Ouest de Vals), va caractériser toute la bordure Sud-Ouest et Ouest du granite. Ainsi, une coupe Sud-Nord, effectuée par exemple dans la région de Mazan (Ardèche), montre la succession suivante :

1. *Anatexites œillées*; dans ces roches, la feldspathisation est toujours concordante dans le détail avec les ectinites qu'on y retrouve fréquemment à l'état d'enclaves (ce qui n'exclut nullement des discordances à l'échelle régionale). Les éléments quartzofeldspathiques s'intercalent entre les lits micacés qui restent relativement continus, même lorsqu'ils sont très plissotés (structure « lit par lit »).

2. *Nébulites*; par estompement des lits micacés, la roche devient ensuite de plus en plus nébulitique. Les yeux feldspathiques se résorbent rapidement et la cordiérite ne tarde pas à apparaître.

3. *Granite*; enfin, par une accentuation du phénomène, on arrive progressivement au granite hétérogène à cordiérite du Velay.

C'est cette sucession qui, jusqu'à présent, a fait considérer ce granite comme étant lié génétiquement aux embréchites et anatexites œillées dont il représenterait le terme ultime d'évolution ([3]).

De nombreux arguments, que nous ne pouvons tous développer ici, permettent d'exclure l'hypothèse selon laquelle la série observée dans la région de Vals traduirait un aspect particulier de cette évolution. Notons cependant les points suivants :

— des migmatites hétérogènes du type agmatite sont encore visibles dans la zone des nébulites sous forme de panneaux d'anatexites peu nébulitiques disjoints par des plages granitiques floues ([4]);

— dans la région de Lalevade-Labégude (Ardèche), à la faveur de déformations ayant fortement plissé les migmatites stratoïdes et les ectinites, on peut voir le granite se former simultanément aux dépens des micaschistes, des diadysites et des embréchites.

Conclusion. — Il faut donc admettre que les migmatites œillées stratoïdes et le granite du Velay sont génétiquement indépendants. Les premières (diadysites, embréchites et anatexites œillées) forment un grand niveau bien individualisé, probablement interstratifié dans les ectinites (micaschistes surtout) et dont la genèse semble contemporaine de mouvements surtout tangentiels. Ces roches, ainsi que les ectinites ont ensuite été reprises sur toute leur bordure Nord et Est par une granitisation tardive donnant des migmatites bréchoïdes et granitoïdes (migmatites *s. str.*) et aboutissant au granite du Velay.

La concordance géométrique apparente de ces deux types de formations peut aisément s'expliquer en faisant intervenir une certaine identité des directions structurales fondamentales.

En ce qui concerne la position du « front de la cordiérite » dans ces roches, signalons qu'il se poursuit avec une grande régularité depuis la terminaison Nord-Ouest de l'arc des migmatites jusque dans la région de Vals-les-Bains. A la hauteur d'Allègre (Haute-Loire) il reste à une dizaine de kilomètres en deçà de la bordure Ouest du granite du Velay. Lorsqu'on le suit vers le Sud, puis vers le Sud-Est, on le voit se rapprocher progressivement de cette bordure qu'il franchit aux environs de Pradelles-Coucouron (Haute-Loire). Dans la région de Mayres, il se place dans la zone des nébulites et nous avons vu que, vers Vals, la cordiérite apparaît avec les toutes premières manifestations de la granitisation.

Ce minéral est donc lié à la « granitisation vellave », cependant sa limite supérieure d'extension est nettement oblique sur le front de granitisation.

Autrement dit, la granitisation ne s'accompagne de cordiérite que dans la mesure où elle a lieu à l'intérieur du domaine thermodynamique de stabilité du minéral (compte tenu évidemment de la composition originelle de la roche), ce qui n'est pas réalisé pour la bordure ouest du granite du Velay.

D'autre part, ce minéral étant apparu lors de la granitisation, donc dans des roches qui étaient le siège d'importantes mobilisations, on peut penser qu'il n'a subi pratiquement aucun retard à la cristallisation (« l'énergie d'activation » nécessaire à la destruction des édifices cristallins préexistants étant fournie lors de cette granitisation). Il devrait alors être possible, à notre avis, de s'en servir *dans ce cas* comme repère thermodynamique, à condition de se référer à des roches de composition à peu près constante.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) A. WEISBROD, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3393.

([2]) Pour la définition des migmatites stratoïdes, *voir* JUNG et ROQUES, *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, 1, n° 235, 1952, p. 35.

([3]) H. LONGCHAMBON, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 848. Notons cependant que F. H. Forestier (*Thèse*, II, Clermont-Ferrand, 1961) a observé, dans la partie Ouest de l'arc, une discordance du granite du Velay sur la zonéographie des migmatites stratoïdes. En fait, cet auteur rattache les anatexites à cordiérite à ces migmatites stratoïdes et ses conclusions ne vont pas tout à fait dans le même sens que les nôtres.

([4]) Q. A. PALM, (*Thèse*, Utrecht, 1957) a décrit des formations analogues au Sud du Tanargue (Ardèche).

(*Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences, Nancy.*)

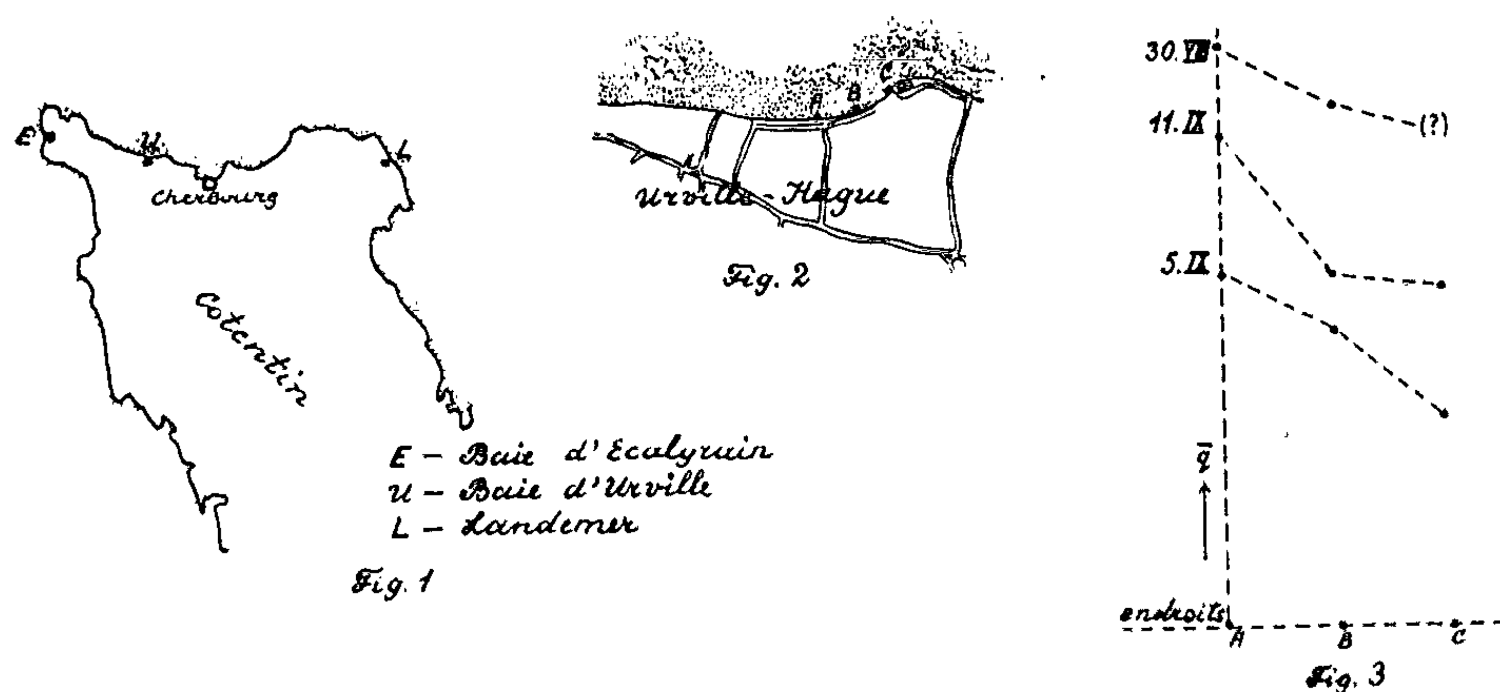
GÉOMORPHOLOGIE. — *Les caractéristiques des côtes par les mesures comparatives de l'état de la mer.* Note de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Jacques Bourcart.

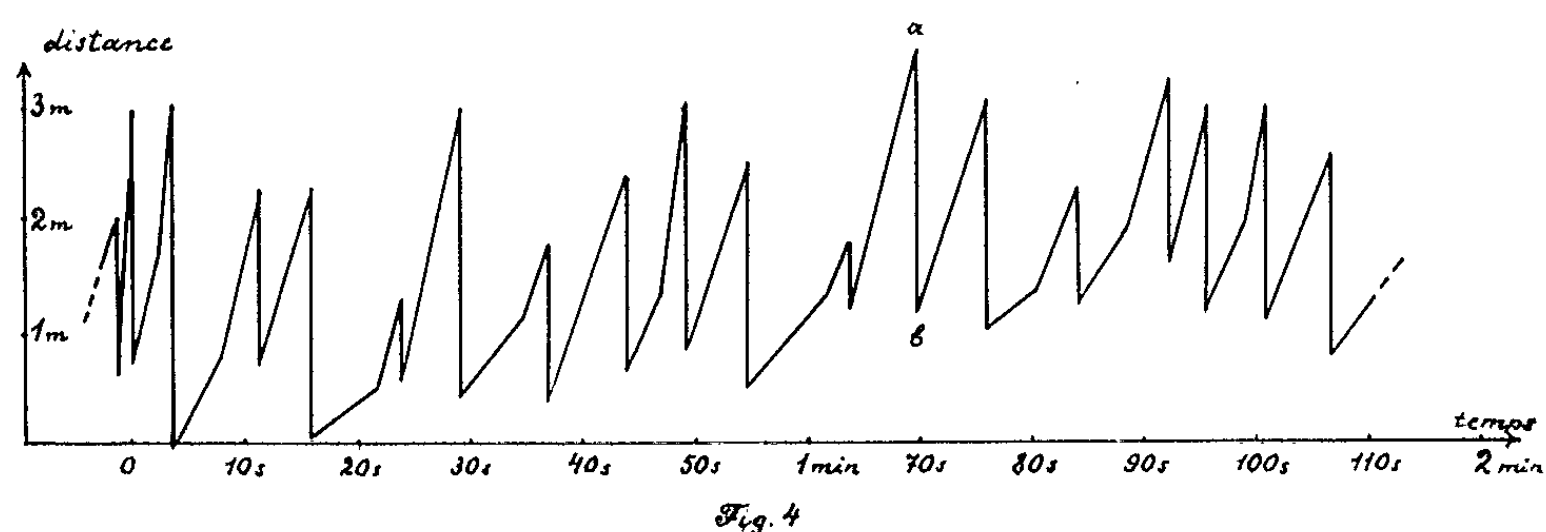
1. Les mesures largement répandues à l'aide du maréographe de la composante verticale de l' « agitation » de la surface de la mer — même les plus exactes permettant de déceler les fréquences assez hautes — ne représentent qu'une partie des mesures nécessaires pour décrire plus ou moins exhaustivement cette « agitation ». Les mesures de la « composante horizontale » sont évidemment non moins nécessaires. Cependant au sujet de la définition de cette « composante horizontale » d'agitation de la surface marine, on peut avoir plusieurs opinions. En effet, pour la composante verticale le mouvement d'un élément matériel du liquide près de la surface et le mouvement de la surface même sont identiques et en mesurant l'un on mesure l'autre. Ainsi aucune discussion ne surgit. Pour la composante horizontale les choses se présentent tout à fait autrement : Les mouvements horizontaux des particules ne sont pas les mêmes que ceux de la surface, et encore ces derniers peuvent être considérés et décrits par plusieurs méthodes dont il faut discuter l'utilité et la facilité d'application. Sans entrer dans la description de toutes les méthodes possibles, on se limitera ici à une seule, la plus facile sans le moindre doute, et dont on a essayé de prouver l'utilité par des observations (*voir* § 3 et 5) et des considérations théoriques.

2. La méthode proposée consiste dans la mesure des intervalles de temps entre les vagues (les ondes de surface) passant — en général — pour le point choisi pour nos mesures, ou — dans le cas considéré dans cette Note — arrivant à la côte. En mesurant ces intervalles on compte en même temps évidemment le nombre des vagues arrivées pendant une unité de temps. Techniquement il s'agit de pointer sur une bande (passant à une vitesse uniforme) d'un appareil du genre de « Zeitraffer », etc. les moments d'arrivée des vagues. Après, dans la tranquillité du laboratoire on mesure les intervalles nécessaires sur la bande. Cependant telles mesures donnent des résultats beaucoup plus exacts qu'il n'est nécessaire pour le genre des observations (identité des autres conditions, caractéristiques morphologiques, etc.). C'est pourquoi pour les mesures d'application morphologiques (*voir* § 3) — et étant donné que les intervalles en question sont souvent de quelques secondes — on peut bien se contenter d'un simple bon mécanisme d'horloge sans bande ni pointage automatique, en se bornant à dicter à un aide technique les nombres relevés. Par contre, pour les observations du phénomène en lui-même (*voir* § 4) il faut revenir à des mesures sur la bande. (Ajoutons que nos mesures ont porté sur quelque chose de plus, à savoir non seulement sur les intervalles entre les vagues,

mais aussi sur les distances jusqu'où les vagues sont arrivées sur la côte.)

Voici quelques résultats d'observation (*fig.* 3 et 4) obtenus cet été par moi et mes amis-collaborateurs (dont je tiens à mentionner M. Laurent Michel). On a travaillé sur les côtes du Cotentin et notamment dans la baie d'Urville (*fig.-carte* 1) — en trois endroits de cette baie indiqués sur la figure-carte 2 — et aussi à Landemer et dans la baie d'Ecalgrain (*fig.-carte* 1). On a essayé de déterminer : *a*. l'influence du type de la côte sur





le phénomène étudié — c'est pourquoi on a mesuré presque simultanément dans trois endroits (Urville) ayant des pentes différentes ; la plus grande (10-8°) au point A, moindre en B, infime en C — et *b*. l'influence de l'état de la mer — en faisant les mesures en des jours caractérisés par un état d'agitation assez différent —. Les premiers résultats ressortent de la forme des courbes de la figure 3, les deuxièmes de la comparaison de ces courbes. Ces courbes représentent des moyennes, tandis que la figure 4 donne à titre d'exemple une série complète d'observations correspondant à deux minutes environ.

4. Toutefois avant d'entreprendre la discussion de ces résultats morphologiques, il faut mentionner un autre de nos résultats qui est purement physique, et qui n'a jamais été — semble-t-il — signalé de façon non équivoque. Soulignons d'abord que dans le cas considéré des ondes d'agitation de la surface de la mer il s'agit d'ondes qu'on ne peut jamais assimiler

aux ondes « infiniment petites » de la théorie, comme ceci est par exemple possible pour les ondes provoquées par un objet jeté dans l'eau (ces dernières sans être infiniment petites mathématiquement ont néanmoins les propriétés classiques d'interférence, de diffraction, etc.). De plus, pour les ondes d'agitation, il est connu depuis longtemps que la vitesse dépend essentiellement de l'amplitude : les grandes ondes rattrapent les petites. Alors le fait qu'on a observé consiste dans le phénomène de *la suppression quasi totale d'une petite onde par la grande qui l'a devancée :* la grande onde, passée au-dessus d'une petite, ne laisse derrière elle rien de bien déterminé. On s'occupera en détail de ce phénomène ailleurs.

5. Ce phénomène mécanique fondamental a évidemment son influence la plus marquée dans les endroits ayant des pentes plus faibles. De là découle que la disparition d'une partie des ondes est aussi plus marquée dans ces endroits à pente peu sensible. On voit aussi qu'en comptant (d'après § 2) le nombre spécifique des ondes arrivées à la côte, on obtient un indice caractérisant la côte et en premier lieu sa pente. Ce résultat, présenté ici d'une manière systématique, n'est point un résultat provenant de la logique pure, mais un résultat essentiellement expérimental (*fig.* 3). Soulignons que ce ne sont pas uniquement les pentes qui déterminent la valeur numérique de la caractéristique introduite; de très nombreuses autres propriétés morphologiques de la côte en question l'influenceront. D'ailleurs, ce ne sont pas non plus uniquement les pentes se trouvant immédiatement devant le lieu d'observation qui déterminent la valeur considérée, cette valeur reflète une influence globale de toutes les pentes des environs. Ainsi la caractéristique proposée tout en restant assez localisée (*cf.* la carte 2) est une caractéristique globale, ce qui est justement ce qu'on exige d'un indice morphologique efficace.

Remarquons pour achever que de telles mesures sur les côtes peuvent également servir pour estimer l'état d'agitation loin de ces côtes. Chaque mesure isolée nous donne une sorte de triage; leur ensemble — comme une série de « tamis » — donne une image complète (et déjà analysée par la nature même) de l'état global.

GÉOCHIMIE. — *Sur une nouvelle méthode de détermination des potentiels d'oxydoréduction « fossiles ».* Note (¹) de MM. **Claude Allègre** et **Jacques Faucherre**, présentée par M. Jean Wyart.

Les méthodes traditionnelles de déterminations des paléoconditions de sédimentation sont très controversées. Garrels et Krumbein (¹) utilisent les diagrammes d'équilibre. Strakhov (²) remarque que ces auteurs ne tiennent pas compte de l'oxydation postgénétique et insiste sur l'indépendance du dépôt vis-à-vis de la solution surnageante proche de la surface.

La méthode que nous préconisons a pour base l'exogéochimie du fer : les composés du fer, peu solubles, sont « météorisés » puis charriés de leur patrie vers le lieu de sédimentation; le transport s'effectue donc en partie mécaniquement (le fer reste alors sous son état originel), en partie sous forme ionisée. Lorsque les conditions physiographiques du milieu de sédimentation sont favorables, les particules solides entraînées se déposent ou bien les ions du fer sont précipités. En distinguant, ainsi, le fer détritique du fer « chimique » et en étudiant, dans ce dernier, le rapport $[Fe^{3+}]/[Fe^{2+}]$, on peut espérer déterminer le potentiel d'oxydoréduction du milieu au moment du dépôt. Ce problème, qui est une transmission d'information à travers le temps, peut être résolu à l'aide des méthodes d'analyse de la Théorie de l'information. Nous devons définir le message, le canal de transmission et ses caractéristiques : code, bruit et capacité maximale.

Le message. — Strakhov a montré que, seul pouvait être déterminé le potentiel d'oxydoréduction du « dépôt », zone de 1 m environ surmontant le fond des mers ou des lacs et constituée par une suspension aqueuse de particules minérales et organiques. Quoique complexe, ce dépôt constitue un véritable « filtre d'informations » des conditions du milieu : ce qui sédimente est en effet caractéristique de ce milieu et non pas de la solution proche de la surface.

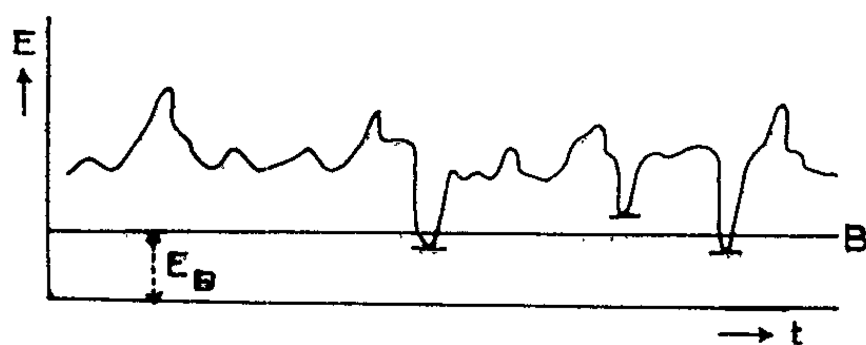
Le codage de l'information. — Notre but est de déterminer le potentiel d'oxydoréduction au moyen de la relation de Nernst, appliquée au couple Fe^{3+}/Fe^{2+} :

$$E = E_0 + \frac{RT}{nF} \operatorname{Log} \frac{[Fe^{3+}]}{[Fe^{2+}]}.$$

On ne connaît pas rigoureusement le processus de codage, c'est-à-dire la loi de passage des caractéristiques du dépot à celles du sédiment et de la roche (précipitation ionique, biochimique, par adsorption, évaporation). Nous avons postulé, cependant, d'après les connaissances classiques sur la diagenèse, que le passage dépôt-sédiment se faisait par perte d'eau et conservation des propriétés chimiques du dépôt.

LE BRUIT SUR LE CANAL DE TRANSMISSION. — Une fois codé ($E = f\{[Fe^{3+}]/[Fe^{2+}]\}$), le message est stocké dans les roches. Celles-ci subissent, sauf métamorphisme, une oxydation perpétuelle qui tend à augmenter ce rapport. Si la forme minéralogique sous laquelle se trouve le fer « chimique » est la même pour l'ensemble d'une série sédimentaire d'un âge et d'un lieu donnés, on peut admettre que l'oxydation post-génétique est la même pour toute la série (aux microvariations locales près). Cette oxydation a la structure d'un « bruit », elle est donc aléatoire, mais oscille autour d'une position moyenne.

Supposons qu'on possède un faciès de référence dans la série, c'est-à-dire une série de lits de potentiel de dépôt connu. Un ensemble de mesures du rapport $[Fe^{3+}]/[Fe^{2+}]$ actuel fournit une statistique sur l'oxydation post-génétique, donc une mesure du bruit. On peut ainsi corriger les mesures et



établir une série de valeurs statistiquement vraies du potentiel fossile. Ces corrections peuvent être schématisées ainsi : soit une carotte de sondage sur laquelle sont effectuées des mesures du rapport $[Fe^{3+}]/[Fe^{2+}]$ correspondant à une série de valeurs du potentiel Redox E. Supposons que, sur la courbe E en fonction du temps, les minimums soient des faciès de référence pour lesquels nous savons qu'au moment du dépôt les conditions étaient telles qu'il n'existait pas de Fe^{3+}. L'ordonnée E_B de la droite B, moyenne de ces minimums, correspond donc à l'oxydation post-génétique. Pour avoir le potentiel vrai, il faudra retrancher E_B du potentiel mesuré.

LA RÉCEPTION DU MESSAGE. PROBLÈMES DU DÉCODAGE. — *a. Principe de la méthode.* — Il s'agit de distinguer le fer détritique (héritage) du fer de précipitation (néoformation). Nous avons utilisé la technique d'attaque différentielle décrite par Strakhov : HCl 0,5 N à froid, pendant 5 mn, n'attaquerait que le fer syngénétique, alors que la même opération à chaud ferait passer le fer ferrique de néoformation en solution, en dédaignant le fer détritique.

b. Application à la série permienne du Lodévois (Hérault). — Dans cette série se trouvent des schistes noirs à pyrite, contenant 20 % de matières organiques (les poissons conservés possèdent encore les vestiges de leurs cartilages). Les conditions de dépôt étaient donc très réductrices et il ne pouvait y avoir de fer sous forme ferrique. Or, le rapport actuel $[Fe^{3+}]/[Fe^{2+}]$ est en moyenne de 18. Cela signifie que, pour 19 atomes de fer ferreux déposés, 18 ont été oxydés post-génétiquement. Si l'on admet, qu'il en fût

de même pour les pélites rouges situées sur la route du Mas d'Alary au sommet de l'Autunien, pour lesquelles le rapport $[Fe^{3+}]/[Fe^{2+}]$ actuel est de 100 en moyenne, le rapport initial était de $(100 - 19)/19 \# 4$, d'où $E \# 0,8$ V.

La valeur du potentiel, ainsi obtenue, restera relative tant que la loi de passage dépôt-sédiment ne sera pas précisée et que la température du milieu, au moment de la formation du dépôt (qui intervient dans la relation de Nernst) ne sera pas déterminée simultanément. Le dosage du fer a été effectué par polarographie dans une solution de base triéthanolamine-potasse (4).

Capacité du canal de transmission. — Nous utiliserons pour cette discussion la relation de Tuller-Shannon modifiée (3) : $C = (\text{Log } V)\,[1 - (\bar{b}/\bar{s})]$ où, V est la variété du code, $\bar{b}$ l'écart type du bruit et $\bar{s}$ l'écart type du message. Par définition, $V = (E_1 - E_2)/\Delta E$, $E_1 - E_2$ étant l'intervalle des potentiels Redox, déterminables par cette méthode et ΔE l'erreur commise sur une détermination de E (on supposera que l'erreur de mesure au polarographe est indépendante de la concentration). On voit que $E_1 - E_2 = AT$, où A est une constante et T la température absolue, d'où

$$C = \left(\text{Log}\frac{AT}{\Delta E}\right)\left(1 - \frac{\bar{b}}{\bar{s}}\right).$$

Conclusion. — La présente Note constitue un effort de clarification et un pas vers la solution du problème des potentiels fossiles. Certaines insuffisances ne nous ont pas échappé (le codage et les attaques chimiques différentielles en particulier) mais nous apportons une solution aux problèmes du « bruit » d'oxydation et de la mesure de degré d'information de la méthode.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) R. M. Garrels et W. C. Krumbein, *J. Géol.*, 60, 1952, p. 1.
(2) N. M. Strakhov, *Méthode d'étude des roches sédimentaires*, B. R. G. M., 1954.
(3) C. Allègre, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 3016.
(4) J. Faucherre et C. Bénazet, *Bull. Soc. Chim.*, 22, 1955, p. 841.

(*Laboratoire de Chimie minérale, Reims et Laboratoire de Géologie appliquée, Paris.*)

SÉDIMENTOLOGIE. — *Régime euxinique et sédimentation carbonatée en milieu lagunaire*. Note (*) de M. **André Rivière** et Mlle **Solange Vernhet**, présentée par M. Jean Piveteau.

Les accumulations de varech qui se produisent sur les rivages des étangs littoraux isolent parfois des lagunes de petites dimensions, riches en matières organiques, dans lesquelles il est fréquent de voir s'établir des fermentations anaérobies. La réduction des sulfates contribue directement ou indirectement à la sédimentation carbonatée.

Dans les étangs littoraux du golfe du Lion, les *Ruppia*, arrachées par les tempêtes viennent s'échouer sur les rivages en d'énormes bourrelets de varech qui isolent parfois de petites lagunes étroites et allongées, riches en matières organiques. A la belle saison, ces microlagunes peuvent persister longtemps; des fermentations anaérobies parfois intenses ne tardent pas à s'y établir et le milieu devient vite réducteur, prenant des caractères « euxiniques » accentués. Alors que le pH des eaux libres des étangs littoraux, souvent très élevé peut, comme nous l'avons signalé antérieurement [(1), (2)], atteindre et dépasser 9, nous avons trouvé dans ces lagunes bordières des pH nettement inférieurs, descendant jusque vers 6,5 tandis que le rH y prenait des valeurs basses, comprises entre 7 et 4,8 (mesures effectuées *in situ*), indiquant un milieu très réducteur. D'autres mesures faites au moyen d'électrodes-sondes, à la fois dans l'eau et les sédiments sous-jacents, complétées par des analyses de Laboratoire, ont donné des résultats qui peuvent se résumer ainsi :

Le pH, tamponné par la réserve alcaline et, peut-être aussi, par la présence de calcaire dans le sédiment, varie relativement peu, mais peut tout de même descendre jusque vers 5, valeur assez rare en milieu naturel pour mériter d'être mentionnée. Les variations du rH sont beaucoup plus importantes. Nous avions constaté antérieurement [(3), (4)], dans les milieux lagunaires que nous avions étudiées, que des rH inférieurs à 12 accompagnaient très généralement les fermentations anaérobies sulfhydriques. Or ici, toutes les valeurs trouvées sont inférieures à ce nombre, révélant un milieu exceptionnellement réducteur. Elles prennent toute leur signification du fait que le rH atteint normalement 28 à 32 dans les eaux aérées des étangs et ne peut descendre au-dessous de zéro sous la pression atmosphérique, valeur pour laquelle de l'hydrogène commencerait à se dégager et qui a été obtenue par l'un d'entre nous au cours d'expériences anciennes [(3), (4)], dans un milieu expérimental rigoureusement anaérobie. Les valeurs rH 1 et rH 2 obtenues à quelques décimètres de profondeur dans le sédiment et qui correspondent aux valeurs du pH voisines de 5 sont les plus basses que nous ayons jamais rencontrées dans la nature. L'évolution des lagunes sulfhydriques n'ayant pu, pour des raisons maté-

rielles, être suivie d'une façon continue, on peut penser que des valeurs encore plus basses et voisines du zéro théorique peuvent effectivement se rencontrer dans les milieux naturels, lorsque les conditions sédimentologiques se trouvent être favorables à l'anaérobiose stricte.

Au moment des premières mesures, les eaux récoltées dans les lagunes sulfhydriques laissaient ce gaz se dégager sous la pression atmosphérique. Les teneurs totales en calcium et magnésium, telles qu'elles ont pu être calculées d'après le bilan total des analyses effectuées, ne différaient sensiblement pas de celles des eaux libres de même salinité (20 g/l) prélevées à l'extérieur dans les eaux libres de l'étang. Par contre, la réserve alcaline, voisine de 20 méquiv/l était de très loin supérieure à celles que présentent habituellement les eaux de l'étang et qui varient de 3,0 à 3,5 méquiv/l (2,5 méquiv pour les eaux marines de salure normale). Cette énorme élévation de la réserve alcaline, en l'absence d'élévation notable de la masse totale de calcium et de magnésium ne peut s'expliquer autrement que par la réduction des sulfates par les bactéries anaérobies et leur transformation en sulfures et carbonates.

Les flacons de polyéthylène contenant es échantillons ont ensuite été abandonnés au laboratoire pendant une longue période. Le polyéthylène utilisé s'est montré perméable aux gaz et a permis une lente et totale élimination du SH_2 dans des conditions analogues à la diffusion naturelle. Le liquide est devenu *totalement inodore* et de nouvelles analyses ont révélé une profonde évolution du milieu. Le pH a remonté, ce qui s'explique par l'élimination de SH_2 et sans doute d'une partie du CO_2 dissous. La réserve alcaline s'est abaissée de 20,45 à 4,50 méquiv/l, restant encore légèrement supérieure à celle des eaux normales de même salinité (ce qui peut s'expliquer par la diminution de la teneur en ions Ca liés à des acides forts) [(1), (2)]. On a également recueilli une faible quantité de précipité (0,7 g par litre de liquide). Ce précipité s'est trouvé constitué par un mélange de calcite et d'aragonite reconnaissables à leur spectre Debye-Scherrer. Il semble s'y ajouter de la sidérite, dont quelques raies sont présentes. L'étude microscopique, faite quelques temps après, n'a guère révélé que de petits rhomboèdres présentant les propriétés optiques de la calcite (le temps écoulé, le dessèchement et l'élévation de température lors du montage des préparations ayant peut-être accéléré la transformation de l'aragonite). L'analyse chimique montre que le précipité est constitué par 84,8 % de CO_3Ca, de 9,28 % de CO_3Mg et de 3,56 % de CO_3Fe. Il n'y a ni silice ni phosphore. Le reste du précipité semble correspondre à des matières organiques azotées présentant une odeur caractéristique de poisson pourri (composé aminés ?). Ces matières organiques semblent avoir été *entraînées* lors de la formation du précipité carbonaté, le liquide en ayant été à peu près complètement débarrassé.

Les carbonates du précipité correspondent à très peu près à la diminution de la réserve alcaline. La très faible augmentation du magnésium

semble pouvoir s'expliquer par la minéralisation d'une partie de la matière organique (la chlorophylle en contient).

Les faits qui viennent d'être exposés conduisent aux conclusions suivantes :

1° Dans les milieux lagunaires naturels plus ou moins isolés des eaux libres et riches en matières organiques, les bactéries sulforéductrices peuvent produire la réduction d'une partie importante (peut-être de la totalité) des sulfates.

2° Dans les sédiments sous-jacents mieux protégés contre la diffusion de l'oxygène, le rH peut s'abaisser à des valeurs voisines du zéro théorique correspondant à un dégagement spontané d'hydrogène. Dans la mesure où ils sont présents, les sulfates agissant comme donneurs d'oxygène ne peuvent que retarder ce dernier phénomène et même d'ailleurs la formation de méthane. On peut se demander si le caractère sulfhydrique ou méthanique des fermentations anaérobies ne dépend pas, entre autres choses, de la teneur initiale en sulfates.

3° Le départ par diffusion de l'acide sulfhydrique provoque la précipitation des carbonates qui *entraînent* avec eux les colloïdes organiques présents dans le liquide. Ce phénomène joue peut-être un rôle non négligeable dans la constitution des roches mères des séries pétrolifères calcaréo-dolomitiques.

4° Il est bien évident que le mélange — par exemple à la suite de tempêtes — des eaux des lagunes sulfhydriques avec les eaux libres des étangs tend évidemment à entraîner une relèvement de la réserve alcaline, donc à faciliter le jeu des réactions qui amènent la précipitation chimique des carbonates [(1), (2)]. L'extension que prennent parfois les zones euxiniques permet de penser que le rôle des mécanismes qui viennent d'être étudiés est loin d'être négligeable.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 2080.
(2) *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2784.
(3) *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 717.
(4) *Cahiers Océanographiques du C.O.E.C.*, 11, n° 5, Paris, 1959, p. 309.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Anomalies estivales du pouvoir glaçogène de l'air en France.* Note (*) de MM. **Guy Soulage** et **Pierre Admirat**, présentée par M. Jean Coulomb.

Le pouvoir glaçogène de l'air subit de fortes augmentations en France pendant l'été. Ces augmentations présentent une grande importance pour l'évaluation des possibilités de prévention de la grêle au moyen d'émissions de noyaux glaçogènes.

De hautes valeurs du pouvoir glaçogène de l'air, défini comme le nombre de cristaux de glace apparaissant par litre d'air à une température et dans un nuage donnés, sont observées en France entre les mois de mai et les mois d'octobre.

Elles s'élèvent fréquemment à 100 cristaux par litre à —21°C (3 août 1962, *fig.* 1 *a*), atteignent parfois 250 cristaux par litre à la même température alors que le pouvoir glaçogène normal à —21°C est de l'ordre de quatre cristaux par litre (8 août 1962, *fig.* 1 *b*).

Des augmentations dans un rapport semblable sont observées à —16°C et aux environs de —11°C.

Ces anomalies apparaissent en général après une augmentation progressive et modérée du pouvoir glaçogène s'étalant sur quelques jours : elles s'élèvent elles-mêmes, pendant un ou deux jours, jusqu'à une valeur maximale puis disparaissent progressivement.

Elles se manifestent souvent en situation préorageuse par vent de Sud-Est à Sud-Ouest.

Elles ont été observées, pour la première fois nettement, dans la haute Ardèche (Mézilhac, alt. : 1130 m) au cours de l'été 1960. Elles ont été retrouvées au cours de l'été 1961 dans deux stations de la même région distantes de 40 km : Mézilhac et Saint-Romain-de-Lerps, et au cours de l'été 1962 en trois points du Sud de la France : le Pic du Midi de Bigorre (station du Taoulet, alt. : 2 300 m), Lagarde-de-la-Selve (Aveyron, alt. : 630 m), Chabeuil (Drôme, alt. : 160 m). Ces stations ne comportaient pas de source de pollution importante. Les anomalies ont été observées dans toutes les stations aux mêmes périodes et avec des maximums sensiblement identiques.

Des mesures en avion, effectuées entre 500 et 4 000 m au-dessus de la plaine de Valence/Rhône ou Valence (Drôme), ont montré qu'elles existaient jusqu'à une altitude variable et comprise entre 2 000 et 3 500 m.

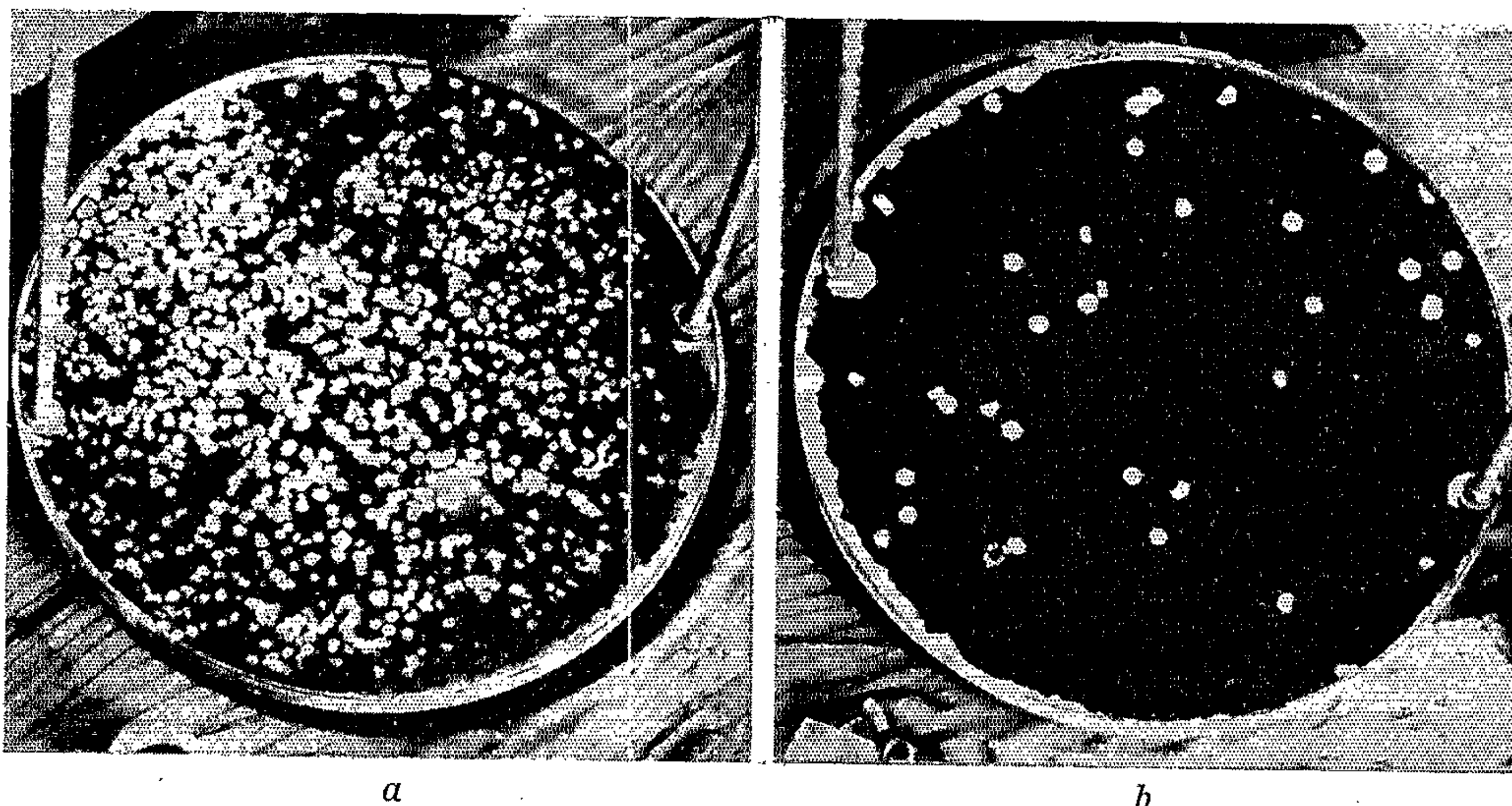
Si le phénomène étudié est provoqué par des noyaux glaçogènes solides, comme il est probable, ceux-ci ont un diamètre inférieur à 0,5 μ, étant invisibles au microscope optique après fusion ou sublimation des cristaux de glace qu'ils ont produits.

L'explication du phénomène n'est pas connue, mais plusieurs hypothèses peuvent être envisagées.

Nos observations rappellent celles effectuées par l'équipe australienne dans l'hémisphère Sud en novembre, décembre, janvier et février, c'est-à-dire pendant l'été austral (²). Il est possible qu'elles aient la même cause et se rapportent à un phénomène d'été général.

Dans notre cas, les anomalies sont fréquemment liées à des situations météorologiques favorables à une pénétration d'air saharien en France. On peut se demander si elles ne sont pas provoquées par des poussières de certains sables dont l'activité glaçogène est connue.

L'hypothèse d'une origine artificielle doit être également considérée. Les anomalies sont contemporaines d'émissions massives d'iodure d'argent effectuées en plusieurs points de France. Il n'existe pas de relation suf-



a *b*

Cristaux de glace recueillis dans 10 l de nuage à —21°C après croissance dans une solution surfondue de sucre et de glycérine (¹).
Leur nombre représente 10 fois le pouvoir glaçogène de l'air.
(*a*) Nombre en période d'anomalie (3 août 1962).
(*b*) Nombre normal (8 août 1962).

fisamment précise dans le temps et l'espace pour qu'on puisse envisager une diffusion directe et constante depuis les brûleurs d'iodure d'argent jusqu'à nos stations de comptage. Mais une diffusion indirecte, avec retour des noyaux vers nos stations plusieurs jours après leur émission, ne peut être totalement exclue après les observations de l'un de nous (³) et de H. et J. Dessens (non publié) sur des déplacements sans dilution de bancs de fumées.

Il serait important de préciser rapidement si le phénomène étudié a une origine artificielle ou naturelle. Dans le premier cas en effet, il apparaîtrait que des émissions massives d'iodure d'argent sont capables de modifier sensiblement le pouvoir glaçogène de vastes régions : les possibilités de diffusion de particules sans dilution appréciable sur de longues

distances ou avec reconcentration seraient confirmées : la diminution des dommage causés par la grêle qui a été constatée en 1959, 1960 et 1961 dans le Sud-Est de la France (4) à plus de 100 km de tout réseau de stations émettrices de noyaux d'iodure d'argent, comme celle qui est constatée à proximité de tels réseaux, serait susceptible d'être attribuée aux émissions d'iodure d'argent. Il s'ensuivrait l'espoir de parvenir rapidement à une prévention pratique de la grêle.

Dans le deuxième cas, à l'inverse, la diminution des dommages causés par la grêle dans le Sud-Est de la France, où peu de modifications du pouvoir glaçogène ont pu échapper à nos mesures, serait naturelle : il serait à craindre qu'il n'en soit de même des diminutions constatées à proximité de brûleurs d'iodure d'argent et que des concentrations de noyaux très supérieures à celles envisagées jusqu'à ce jour ne soient nécessaires pour une prévention efficace.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) P. ADMIRAT, *Bull. Obs. Puy-de-Dôme*, 1962, p. 133-140.

(2) E. K. BIGG, *Aust. J. Phys.*, 9, 1956, p. 561-565.

(3) G. SOULAGE, *Ann. Géophys.*, 15, 1959, p. 461-480.

(4) Communication privée du Pool d'Assurances contre la grêle.

(*C. N. R. S., Observatoire du Puy-de-Dôme.*)

VOLCANOLOGIE. — *Sur les teneurs en gaz occlus et eau des rétinites et obsidiennes.* Note (*) de MM. **Marcel Chaigneau** et **Pierre Bordet**, présentée par M. René Fabre.

Les recherches poursuivies en France depuis plusieurs années ont montré que les rétinites et les obsidiennes (verres volcaniques à composition de granite) se différenciaient par toute une série de caractères physiques, alors que leurs compositions chimiques étaient voisines ([1]).

Il était intéressant de poursuivre ces recherches sur le plan de la teneur en gaz occlus et en eau. Ce sont les premiers résultats obtenus dans ce domaine que nous présentons ici.

Matériel étudié. — La rétinite étudiée est celle de la Colle-de-la-Motte (Estérel, France). Elle est d'âge permien. C'est elle qui a déjà servi aux recherches qui viennent d'être rappelées. Deux variétés ont été examinées : une de couleur verte (RV), la plus fréquente dans le gisement, et une de couleur noire (RN).

Elle a été comparée à l'obsidienne typique (O) de Rocche Rosse (Lipari, Italie) qui est d'âge quaternaire récent (subactuelle).

Les compositions chimiques de ces roches sont les suivantes (Tableau I).

Tableau I.

	RV.	RN.	O.
SiO_2	72,05	72,20	74,22
Al_2O_3	11,25	10,75	12,98
Fe_2O_3	1,55	0,89	0,40
FeO	0,70	0,80	1,60
MnO	0,02	–	0,01
MgO	0,20	0,65	0,04
CaO	1,60	0,45	0,67
Na_2O	1,95	3,95	4,13
K_2O	3,65	3,17	4,97
TiO_2	0,30	0,06	0,11
P_2O_5	0,02	–	0,14
Perte	7,60	7,32	0,31
Total	100,89	100,24	99,74

Procédés d'analyse. — L'extraction et l'analyse des gaz ont été effectués selon les méthodes antérieurement décrites par l'un de nous. Cependant nous précisons que l'eau libérée par chauffage sous vide a été dosée par réaction sur hydrure de calcium et mesure du volume d'hydrogène résultant [(2), (3)]. L'appareil employé à cet effet permet, dans un premier temps, d'extraire les gaz dégagés tandis que l'eau est retenue dans un condenseur à — 85°, et, dans un deuxième temps, d'extraire

l'hydrogène formé par la réaction ci-dessus indiquée, après réchauffement lent du condenseur à la température du laboratoire.

Résultats obtenus. — 1. *Composition des gaz anhydres libérés* (Tableau II).

2. *Dégagement de l'eau par chauffage entre* 20 *et* 1000°. — Au cours de chauffages qui ont duré 1 h pour chaque palier, les résultats suivants ont été obtenus (H_2O en milligrammes par gramme de roche brute) (Tableau III).

Tableau II.

	RV.	RN.	O.
Perte de poids % de 20 à 1000°...	7,69- 7,76	7,00-7,07	0,58
Volume total des gaz (ml/g)......	0,3200- 0,3204	0,4231	0,2805
Composition des gaz (%) :			
SO_2........................	4,8- 4,7	4,3	26,8
CO_2........................	37,5-36,4	34,1	6,8
CO........................	31,1-31,2	31,6	40,0
H_2........................	16,2-16,8	18,1	21,5
CH_4........................	1,3- 1,9	2,0	0,5
N_2 + gaz rares...............	9,1- 9,0	9,9	4,4
Rapports $\frac{CO_2}{CO_2+CO}$............	0,547 - 0,538	0,519	0,145
Rapports $\frac{CO}{CO_2+CO}$............	0,453 - 0,462	0,481	0,855

Tableau III.

	RV.	RN.	O.
20 à 100°.................	–	–	–
100 à 200.................	12,443	16,193	0
200 à 300.................	17,405	18,753	0,018
300 à 400.................	5,443	6,575	0,015
400 à 500.................	3,733	5,323	0,022
500 à 600.................	4,167	3,300	0,200
600 à 700.................	3,107	0,506	0,287
700 à 800.................	1,092	0,377	0,269
800 à 900.................	0,626	0,321	0,119
900 à 1000.................	0,040	0,281	0,080
Total.............	48,056	51,629	1,010

Conclusions. — A la suite de ces expériences, les remarques suivantes peuvent être faites :

1. *Composition des gaz occlus.* — Les deux rétinites étudiées ont fourni des résultats tout à fait analogues. Les rapports $CO_2/(CO_2+CO)$ et $CO/(CO_2+CO)$ sont presque identiques et comparables à ceux qui avaient été trouvés dans une lave acide du Monte Amiata en Toscane [1] (0,564-0,436) bien que cette lave n'ait libéré que peu d'eau par rapport aux rétinites (2,3 %).

Les rétinites et l'obsidienne sont par contre très différentes : cette dernière présente des teneurs exceptionnellement basses en CO_2 et très élevées en SO_2. On peut donc supposer qu'elle a subi, avant son émission, un chauffage prolongé qui aurait entraîné un départ presque total des composés oxycarbonés contenus dans le magma d'origine. Cette hypothèse est en accord avec le faible volume des gaz totaux recueillis, ainsi qu'avec les conclusions obtenues antérieurement par J. Chenebaux sur la genèse des obsidiennes, à la suite des expériences de transformation des rétinites en obsidiennes et réciproquement (5).

2. *Dégagement de l'eau.* — Pour les rétinites, les résultats obtenus coïncident sensiblement avec ceux qu'avaient déjà fournis l'analyse thermique différentielle et l'analyse à la thermobalance, mais ils sont plus précis car l'eau dégagée a été exactement dosée, alors qu'avec les procédés précédents, seul l'effet global (endothermique ou perte de poids en présence d'air) avaient été enregistrés, sans tenir compte des phénomènes de dégazage, de sublimation ou d'oxydation éventuelle.

La quantité totale d'eau libérée entre 100 et 1000° est environ 50 fois plus forte pour les rétinites que pour l'obsidienne.

Les premières (RV-RN) donnent un dégagement ininterrompu avec maximum entre 200 et 300°.

La seconde (O) ne présente pas de dégagement entre 200 et 300°, et le maximum se situe entre 600 et 800°.

(*) Séance du 19 novembre 1962.
(1) *Voir* résumé dans P. Bordet, *Bull. Volcanologique*, 25, 1962.
(2) L. Hackspill et G. d'Huart, *Bull. Soc. chim. Fr.*, (4), 35, 1924, p. 800-803.
(3) L. Hackspill et G. de Heeckeren, *Comptes rendus*, 177, 1923, p. 59.
(4) M. Chaigneau et G. Marinelli, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3011.
(5) J. Chenebaux, P. Bordet et G. Sabatier, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1679.

(*Laboratoire des gaz du C.N.R.S., Faculté de Pharmacie, Paris et Laboratoire de Minéralogie, Institut catholique, Paris.*)

GLACIOLOGIE. — *Remarque sur une sonde thermique pour mesurer la température des couches de glace.* Note (*) de M. **Karl Philberth**, présentée par M. Jacques Bourcart.

En s'enfonçant dans la glace une sonde thermique perturbe la température ambiante. Pour pouvoir mesurer la température vierge 1 h seulement après l'interruption de l'échauffement, on propose une disposition spéciale : Le thermomètre se trouve dans la pointe d'une barre au-dessous de la tête de la sonde [*voir* (1)].

Plusieurs raisons scientifiques et techniques [(2), (3)] nous rendent nécessaire la connaissance des températures à l'intérieur de l'Inlandsis groenlandais ou antarctique. Or, des forages n'ont pénétré que jusqu'à une profondeur de 400 m [(4), (5), (6)]. C'est pourquoi j'ai déjà proposé une méthode spéciale pour de telles mesures (1). Nous nous occuperons donc ici d'une sonde construite d'après cette idée et capable de s'enfoncer jusqu'au fond de l'Inlandsis à une profondeur de quelques kilomètres (1).

Pour mesurer la température vierge de la glace, au moyen d'un thermomètre placé dans une sonde thermique, il faut interrompre le chauffage de la sonde. Après cette interruption, on doit attendre une certaine période, dont la durée dépend de la puissance, transmise dans la glace par la sonde pendant la période de chauffage (1). En glace froide cette puissance comprend aussi l'échauffement pour protéger les parois latérales de la sonde contre la fixation par congélation.

La puissance transmise dans la glace dépend de la construction de la sonde. Une construction propice de la tête de chauffage de la sonde peut être effectuée par une pièce massive de cuivre en forme paraboloïdale, qui se trouve en bon contact calorifique avec la résistance chauffante. Si l'on utilise le courant alternatif, on peut chauffer la tête, en faisant se développer des courants de Foucault dans ses parois mêmes. Dans ce but on crée dans les parois ferromagnétiques de la tête un champ magnétique alternatif se fermant dans le noyau axial ferromagnétique de la bobine.

Même si les conditions sont favorables, il faut attendre quelques jours après l'interruption du chauffage, jusqu'à ce que la température de la sonde ait presque atteint la température vierge. Ce n'est pas pratique quand on veut connaître la température à différentes profondeurs.

On propose ci-dessous une méthode, qui permet de mesurer la température vierge 1 h seulement après l'interruption du chauffage. L'idée de base de cette méthode est la suivante : pendant que la sonde s'enfonce, il y a dans son voisinage un champ de température qui est stationnaire par rapport à la sonde. Quand la tête de la sonde en marche repose sur la glace, on trouve pour l'axe vertical la relation

$$\mathrm{T_C} - \mathrm{T_0} = (\mathrm{T_F} - \mathrm{T_0})\, f(d)\, e^{-\frac{\mathrm{C}\,vd}{\mathrm{Y}}},$$

où :

T_C, la température au champ stationnaire;
T_0, la température vierge;
T_F, la température de fusion;
$f(d) \leqq 1$, une fonction qui dépend de la forme de la sonde;
$d \geqq 0$, la distance vers le bas à partir de la tête de la sonde;
C, la capacité calorifique (par exemple : 0,45 cal/°C.cm³);
Y, la conductibilité calorifique (par exemple : 0,004 cal/°C.s.cm);
v, la vitesse de la sonde pendant la marche (par exemple : 0,03 cm/s).

Pour les valeurs d'exemple données entre parenthèses, $T_C - T_0$ est négligeable pour $d \geqq 3$ cm, c'est-à-dire que la température n'est perturbée que dans l'espace de quelques centimètres au-dessous de la sonde en marche.

Pour effectuer la mesure de la température au-dessous de la sonde, une barre verticale est attachée à la tête de la sonde. Le thermomètre se trouve dans la pointe de cette barre. On peut se servir d'une barre mobile, qui n'est étendue que pendant la mesure de la température. L'arrangement d'une barre fixe est plus simple. Or, pendant la marche de la sonde, la barre fixe doit pénétrer continuellement dans la glace et être protégée contre la congélation. Cela peut se faire par une rotation ou une vibration ou — ce qui est particulièrement simple — par échauffement. Même un échauffement assez faible est suffisant. Si, par exemple, C, Y et v ont les valeurs d'exemple données ci-dessus, si $T_0 = -25$°C et si le diamètre de la barre fixe est 0,4 cm, 1,3 W suffisent pour fondre la glace à la pointe de la barre et une douzaine de watts suffisent pour protéger la partie inférieure de la barre jusqu'à une longueur de 10 cm contre la congélation; des puissances plus petites suffisent pour protéger les parties plus hautes de la barre.

La période de mesure commence par l'interruption simultanée de chauffage de la sonde proprement dit et de la barre fixe. Si l'on admet que les diamètre de la sonde et de la barre se réduisent à zéro et que les propriétés de la glace soient indépendantes de la température, on trouve

$$T_P - T_0 = \Delta T = \frac{C^{\frac{1}{2}}}{(4\pi Y)^{\frac{3}{2}}} \int_{z=0}^{\infty} \dot{q} \int_{\tau=0}^{\infty} \frac{1}{(t+\tau)^{\frac{3}{2}}} e^{-\frac{C(z+v\tau)^2}{4Y(t+\tau)}} d\tau \, dz,$$

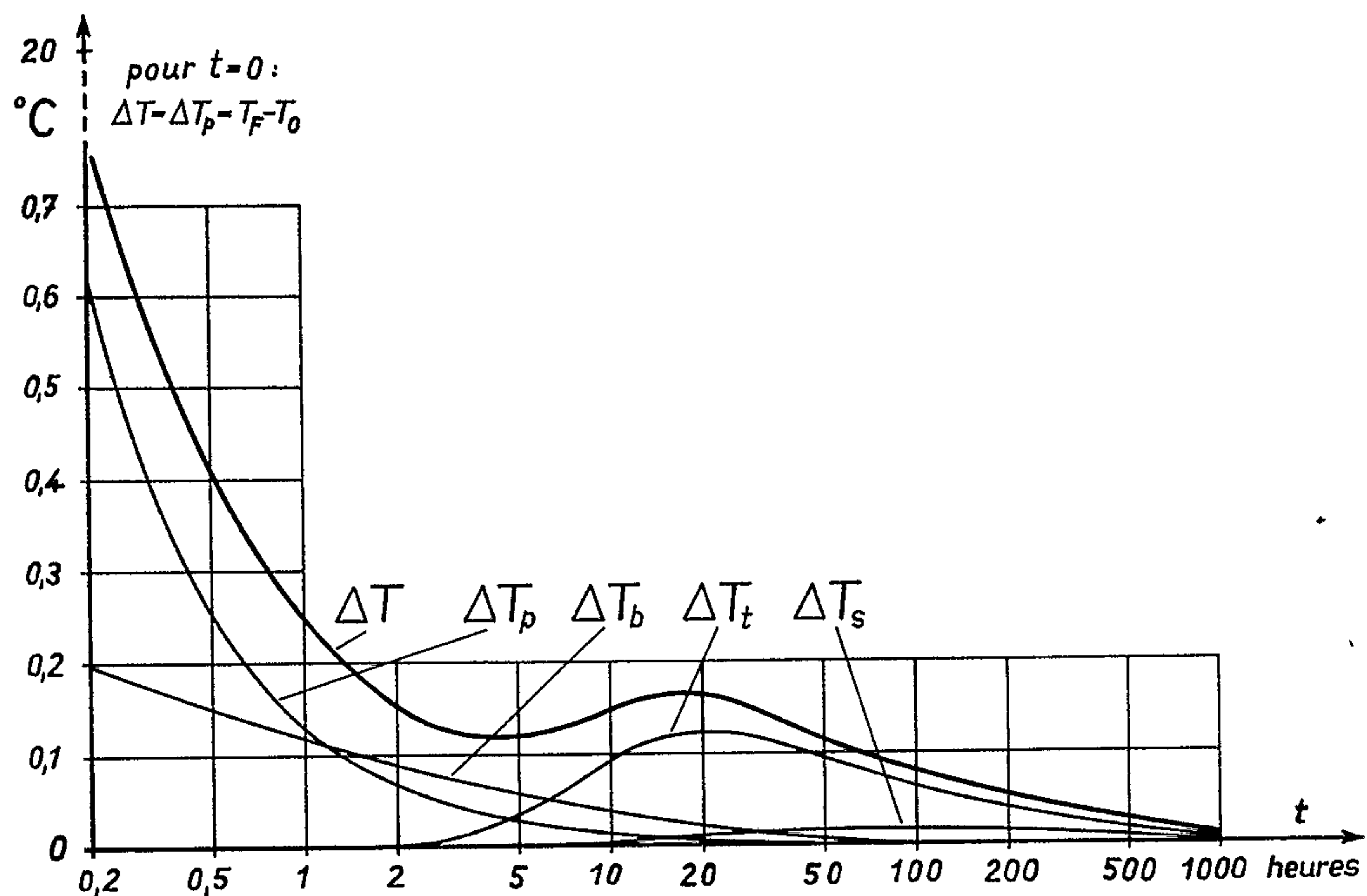
où :

T_P, la température mesurée dans la pointe de la barre fixe;
t, le temps après l'interruption de l'échauffement;
z, la distance vers le haut à partir de la pointe de la barre;
T_0, C, Y, v, explications et valeurs d'exemple comme ci-dessus;
$\dot{q}(z)$, la puissance par unité de longueur, pour un diamètre réel de la barre de 0,4 cm et pour -30°C $\leqq T_0 \leqq -10$°C, par exemple :

6 W/cm pour $0 \text{ cm} \leqq z \leqq 1 \text{ cm}$ (pointe de la barre);

1 W/cm pour 1 cm $< z \leqq$ 40 cm (parois latérales de la barre);
50 » » 40 $< z \leqq$ 50 (tête de la sonde);
3 » » 50 $< z \leqq$ 190 (parois latérales de la sonde).

Pour les valeurs d'exemple, ΔT est montrée par la figure.



ΔT est la différence entre la température à la pointe de la barre et la température vierge; t est le temps après la fin de l'échauffement; $\Delta T = \Delta T_p + \Delta T_b + \Delta T_t + \Delta T_s$, les dernières valeurs représentant respectivement l'influence due à la pointe, aux parois latérales de la barre, à la tête et aux parois latérales de la sonde.

La température T_P peut être mesurée au moyen d'un thermomètre à résistance, qui se trouve dans la pointe de la barre. Si T_0 est près du point de fusion de la glace, on obtient des résultats particulièrement exacts en mesurant la différence entre T_P et la température de la tête de la sonde, celle-ci restant au point de fusion quelque temps après l'interruption de l'échauffement. Cette mesure de la différence des températures s'effectue simplement lorsque la barre est composée de fils de différents métaux qui agissent comme éléments thermoélectriques.

(1) K. PHILBERTH, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3881.
(2) B. PHILBERTH, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 2090.
(3) R. HAEFELI, *Schweiz. Ztschr. Hydrol.*, 23, 1961, p. 253-262.
(4) EURATOM, Contract Report n° 002/60/12/GEO-C, 1961, p. 6-7.
(5) EXPÉDITIONS POLAIRES FRANÇAISES, *Terre Adélie, Groenland*, 1956, p. 128-129.
(6) C. LANGWAY, *Comm. des neiges et des glaces*, Coll. d'Obergurgl., 1962, p. 101-118.

(*München*, 23, *Destouchesstrasse*, 14, *Allemagne*.)

GLACIOLOGIE. — *Orientations préférentielles des axes optiques des cristaux de glace au voisinage du lit d'un glacier tempéré.* Note (*) de M. **Michel Vallon**, transmise par M. Léon Moret.

Les cristaux de glace se trouvant au fond de la Mer de Glace montrent différents types d'orientation préférentielle de leurs axes optiques. Il semble exister une relation entre la structure du glacier (foliation, faille) et l'orientation des cristaux.

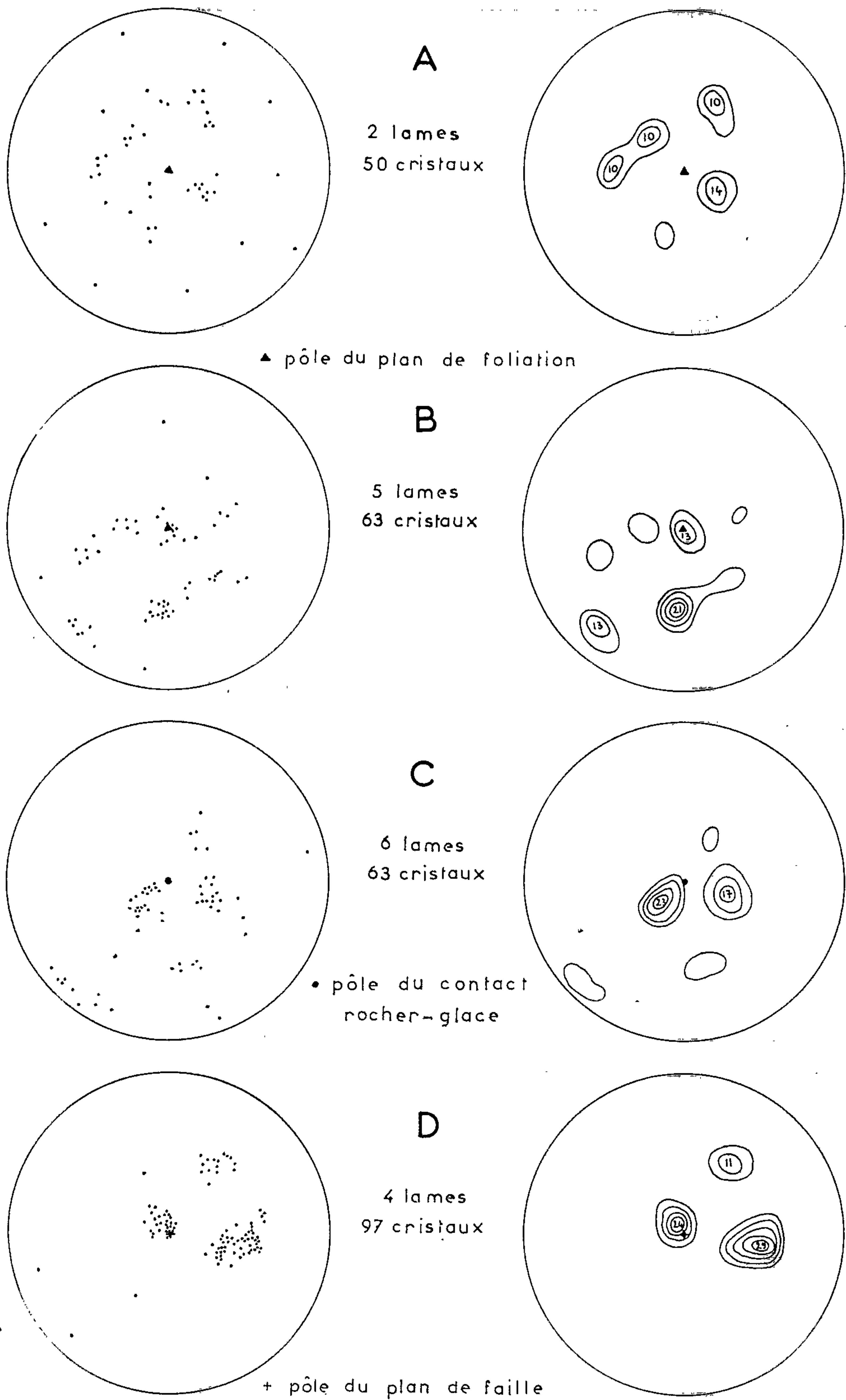
A la fin du mois de mars 1962, profitant des travaux de reconnaissance entrepris par l'Électricité de France pour déterminer le meilleur emplacement où l'on puisse capter le torrent qui coule sous la Mer de Glace, nous avons pu prélever des blocs de glace à la base même du glacier. Ces échantillons y subissaient des tensions très différentes de celles auxquelles sont soumis ceux qu'étudient généralement les glaciologues (qui font la plupart de leurs prélèvements en surface ou au fond des crevasses).

Les blocs de glace découpés par les ouvriers de l'Électricité de France ont été immédiatement enfermés dans des caisses isolantes et transportés le soir même à Grenoble où nous les avons étudiés dans la chambre froide du laboratoire de l'Aiguille du Midi.

Contrairement à ce qu'on peut observer à la surface de la Mer de Glace, où la texture litée (alternance de couches de glace claire et de glace bulleuse), appelée généralement foliation ou schistosité, est extrêmement nette, la texture de la glace au fond du glacier est nébulitique (lentilles floues de glace bulleuse dans un fond de glace transparente). A une dizaine de mètres du fond la texture change, les lentilles bulleuses semblent s'être réunies en de longs rubans.

Dans chaque bloc nous avons découpé à la scie un certain nombre de lames de $10 \times 10 \times 1$ cm, parallèles entre elles, et, dans la mesure où l'on peut, à cette échelle, les assimiler à des plans, parallèles aux différents repères structuraux (foliation, faille, contact entre le rocher et la glace). Les lames, découpées tous les 10 cm pour éviter de recouper plusieurs fois les mêmes cristaux, ont été soudées, par légère fusion puis regel, à des lames de verre, puis amincies jusqu'à l'épaisseur de 1 mm. La position de l'axe optique de tous les cristaux a été déterminée à 2 ou 3° près à l'aide d'une grande platine universelle permettant l'étude de lames de 100 à 150 cm². Nous donnons, pour chaque structure, les positions des axes optiques projetées sur un réseau de Schmidt et les courbes d'égale densité correspondant à 5, 10, 15, 20 et 25 % des points dans 1 % de l'aire. Les nombres indiquent la valeur des différents maximums.

Examinons tout d'abord la structure la plus nette et la plus simple pour laquelle nous possédons une explication. Le structurogramme D résulte de l'étude de lames minces taillées au voisinage d'une faille de la glace apparaissant dans la galerie de reconnaissance, les lames les plus


A
2 lames
50 cristaux
▲ pôle du plan de foliation
B
5 lames
63 cristaux
C
6 lames
63 cristaux
• pôle du contact
rocher-glace
D
4 lames
97 cristaux
+ pôle du plan de faille

éloignées se trouvant à une dizaine de centimètres de part et d'autre du plan de fracture. On a une orientation préférentielle très nette : on trouve respectivement, pour trois directions, 29, 24 et 11 % des points dans 1 % de l'aire totale. Selon Steinemann une telle structure à trois maximums résulterait d'une recristallisation paracinématique lorsque la glace est soumise à un cisaillement. Si le pôle du plan de faille n'est pas confondu avec le centre du triangle formé par les trois maximums c'est que les ruptures ne se produisent pas exactement suivant la direction du cisaillement maximal.

Les structurogrammes A et B correspondent à des échantillons prélevés à 2 ou 3 m du fond; les lames y ont été taillées parallèlement au plan de foliation. Les courbes d'isodensité mettent en évidence cinq directions privilégiées. Ces deux structures sont comparables à C qui représente l'orientation d'une soixantaine de cristaux se trouvant entre 0 et 10 cm du rocher. Sur ce dernier structurogramme l'orientation préférentielle est plus nette. Pour la plupart des cristaux le plan perpendiculaire à l'axe optique (axe cristallographique C), plan suivant lequel les cristaux de glace se déforment le plus facilement, fait un angle de 10 à 30° avec le « plan » de séparation rocher-glace. Par contre, il y a très peu de cristaux présentant l'orientation qui semblerait la plus favorable au mouvement du glacier. Ceci confirme les observations faites en surface par Rigsby et Kamb, mais je ne crois pas qu'on puisse interpréter ces structures comme résultant de la recristallisation d'une structure à un maximum, donnant, après cisaillement, une structure avec quatre maximums plus ou moins égaux disposés en losange (Kamb). On a deux, trois ou quatre maximums très forts ($\geqq 10$), mais ils ne sont pas toujours disposés autour du pôle du plan de foliation; et, bien que les populations étudiées ne soient pas très importantes, ces maximums ont des valeurs trop différentes.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(*Laboratoire de Géophysique, Faculté des Sciences, Grenoble.*)

IONOSPHÈRE. — *Effets nocturnes sur les ondes longues des perturbations ionosphériques à début brusque.* Note (*) de M. **Maurice Bertrand**, présentée par M. Jean Coulomb.

L'examen des enregistrements d'atmosphériques sur ondes longues obtenus durant l'A. G. I. montre que les renforcements brusques produits par les P.I.D.B. ne s'observent pas uniquement dans l'hémisphère éclairé et sont parfois très nets pendant la nuit.

On sait que : « Les ondes radioélectriques de fréquence voisine de 30 kHz (10 000 m) sont particulièrement sensibles aux perturbations ionosphériques à début brusque (P. I. D. B.) qu'elles traduisent par de brusques renforcements, tandis que les ondes courtes les décèlent par des évanouissements brusques ([1]). »

Ces renforcements étaient attribués généralement à l'amélioration du coefficient de réflexion ionosphérique sous l'effet de l'accroissement du rayonnement ultraviolet du Soleil lors des éruptions chromosphériques. Ils ne devraient donc en principe se manifester que sur les trajets de propagation traversant l'hémisphère éclairé. Toutefois, dans une étude statistique relative à la période 1928-1941, R. Bureau ([2]) a noté 18 cas de P. I. D. B. enregistrées nettement après le coucher ou avant le lever du Soleil.

L'examen des enregistrements omnidirectionnels des atmosphériques (effectués sur la fréquence 27 kHz) obtenus pendant l'Année Géophysique Internationale par le réseau français d'enregistreurs (de la cadence de succession, du champ moyen et du niveau moyen) qui comprenait les stations de Bagneux, Poitiers, Rabat, Bangui, Ivato (Madagascar) et Port-aux-Français (archipel Kerguelen) a permis de confirmer avec certitude l'existence de renforcements caractéristiques sur des trajets totalement ou partiellement nocturnes. On en trouvera la liste ci-dessous. Nous n'avons considéré, pour établir ce tableau, que les P. I. D. B. se produisant nettement durant la nuit, c'est-à-dire au moins 1 h avant le lever ou après le coucher du Soleil au sol. D'autre part, il y a lieu de signaler que, dans la plupart des cas, ces renforcements nocturnes sont confirmés par les autres stations du réseau situées hors de la zone d'ombre et les renseignements publiés dans le *Bulletin Solaire du Bureau National des Standards des États-Unis*. L'attention est attirée sur le fait que la grande majorité des cas cités a été observée à Port-aux-Français (archipel Kerguelen). Cela peut s'expliquer par le fait que cette station, située dans une zone très peu orageuse, utilise des installations très sensibles et que la courbe reste relativement basse.

Le tracé des directions existant sur les radiogoniogrammes au moment des phénomènes a permis de localiser les principaux foyers d'atmo-

P. I. D. B. nocturnes détectées par le réseau français d'enregistreurs d'atmosphériques pendant l'A. G. I.

Date.	Lieu. (3)	Heure début. (1)	Heure maximum. (1)	Heure fin. (1)	Int. $\mathcal{I}$. (2)	Int. $\mathcal{T}$. (2)	Heure coucher soleil au sol. (1)	Intervalle heure début-heure coucher (ou lever) au sol.	Autres stations affectées par le renforcement. (3)	Stations affectées par des évanouissements. (3)	Observations.
2 août 1957...	K	14h 3m	14h 6m	14h 38m	1	0.34	12h 4m	1h 59m	BX R	K BE HU MC PR WS HH PU CR	Nette
9 » » ...	K	13 45	13 48	–	1	–	12 12	1 33	BX (Pas de renseignements des stations étrangères)	K BX BE HU MC PR WS CR	Faible
23 » » ...	K	14 8	14 11	15 20	2	0.41	12 32	1 38	BX R	BX BE HU MC PR WS CR HH NE PU	Forte. Forme particulière
30 » » ...	K	16 44	16 47	17 1	1	–	12 42	4 4	BX P	BX BE HU MC PR WS NE	Faible
3 sept. » ...	K	14 24	14 40	15 20	3	0.84	12 47	1 37	BX R	BX BE HU MC PR WS NE SW CW RCA	Remarquable
13 » » ...	K	14 20	14 30	15	2	0,33	13 3	1 17	BX R	BE RU MC PR DA MA NE SW CW	Nette
9 janv. 1958...	R	6 30	6 42	7	1	–	7 36	1 6	K	BX (Rien à l'étranger)	Nette, avant le lever du Soleil
3 avril » ...	K	14 47	15 2	15 30	1	–	13 1	1 46	BX R IV P DU ED MC NE PA SP	BE HU MC NE PR PU WS	–
4 » » ...	K	14 15	14 29	15 10	1	–	13	1 45	BX (Rien à l'étranger)	Rien à l'étranger	Nette
3 mai » ...	K	13 10	13 44	15	3	1	12 6	1 4	BX R IV P DU ED KU MC NE HU	BX BE HU MC NE PR	–
3 juin » ...	K	15 12	15 22	15 35	1	–	11 27	3 45	BX R BO ED HU KU NE PA SP	BX BE HU MC NE PR TO WS CW	Faible
13 sept. » ...	K	14 20	14 30	–	1	–	13 2	1 18	BX P BO PA	HU MC PR	Forme anormale
18 » » ...	B	4 1	4 8	5	1	0.53	5 32	1 30	IV K (Rien à l'étranger)	OK BX	Avant le lever du Soleil
	P	4	–	–	>2	–	5 44	1 44			
9 déc. » ...	K	18 19	18 21	18 50	2	–	15 12	3 7	IV (Rien à l'étranger)	BE MC PR WS BX	Remarquable

Nota :

(1) Les heures sont en T. U.

(2) Int. $\mathcal{I}$: intensité du renforcement évaluée en utilisant une échelle arbitraire allant de 1 à 9; Int. $\mathcal{T}$: intensité du renforcement déterminée en utilisant la méthode exposée par F. Carbenay, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2432.

(3) BE, Fort Belvoir (U. S. A.); BO, Boulder (U. S. A.); BX, Bagneux (France); CR, New-York (U. S. A.); CW, Stations anglaises; DA, Darmstadt (Allemagne)-DU, Dunsilk (Irlande); ED, Edimbourg (Grande-Bretagne); HU, Huancayo (Pérou); HH, Berlin (Allemagne); IV, Ivato (Madagascar); K, Port-aux-Français (Kerguelen); KU, Kuhlungsborn (Allemagne); MA, Madrid (Espagne); MC, Mac Math (U. S. A.); NE, Nederhorst den Berg (Pays-Bas); NU, Neutrelitz (Allemagne); OK, Okinawa (Pacifique); P, Poitiers (France); PA, Paramaribo (Nouvelle-Guinée); PR, Porto-Rico (Antilles); PU, Prague (Tchécoslovaquie); R, Rabat (Maroc); RCA, Port Reyes (U. S. A.); SP, Sacramento Peak (U. S. A.); SW, Enkoping (Suède), TO, Hiraiso (Japon); WS, White Sands (U. S. A.).

sphériques et de constater que, dans 28 % des cas, le trajet de l'onde de 27 kHz est presque totalement nocturne; dans 35 % des cas, il est mixte à prédominance nocturne, et, enfin, dans 37 % des cas, il est mixte à prédominance diurne.

Signalons que nos radiogoniomètres ne présentent pas de lobes parasites, l'existence d'une telle anomalie (en cas de mauvais réglage) se manifestant d'une façon très visible (faux foyers décalés de 180° par rapport aux vrais) qui ne saurait échapper à un observateur averti de sorte que la propagation par l'arc de grand cercle opposé à celui indiqué par l'appareil semble exclue. Les sondages ionosphériques effectués par les quelques stations situées au voisinage des trajets entièrement nocturnes ne décèlent pas d'anomalies ionosphériques, sauf le 13 septembre 1958 où une absorption assez élevée a été relevée à Hobart.

Il semble donc intéressant de rechercher par quel mécanisme se produisent ces renforcements sur des trajets soustraits au rayonnement solaire direct (couche E sporadique, gradients de densité électronique anormaux, etc.). Rappelons, pour terminer, qu'on rencontre parfois une crevasse dans la courbe nocturne au moment d'un renforcement caractéristique se produisant dans l'hémisphère éclairé ([3]).

(*) Séance du 12 novembre 1962.

([1]) R. BUREAU, *Comptes rendus*, 206, 1938, p. 360.

([2]) Note préliminaire n° 14 du Laboratoire National de Radioélectricité : *Statistique des perturbations ionosphériques à début brusque au cours d'un cycle solaire 1938 à 1951*. Faute d'une installation comparable à celle de Kerguelen, il ne fut pas possible à l'auteur de démontrer irréfutablement l'existence des renforcements nocturnes.

([3]) R. BUREAU et M. BERTRAND, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 2025.

(*C. N. E. T.*, 196, *rue de Paris, Bagneux, Seine.*)

RADIOBIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'atténuation des lésions latentes provoquées par l'action des rayons X sur des rhizomes de Topinambour.* Note (*) de M. **Robert Jonard**, présentée par M. Roger. Gautheret.

Des essais de culture *in vitro* de fragments isolés de rhizomes de Topinambour ayant été irradiés par les rayons X montrent que les altérations provoquées par l'irradiation, sont susceptibles de régresser si la mise en culture des tissus est effectuée plusieurs semaines après celle-ci.

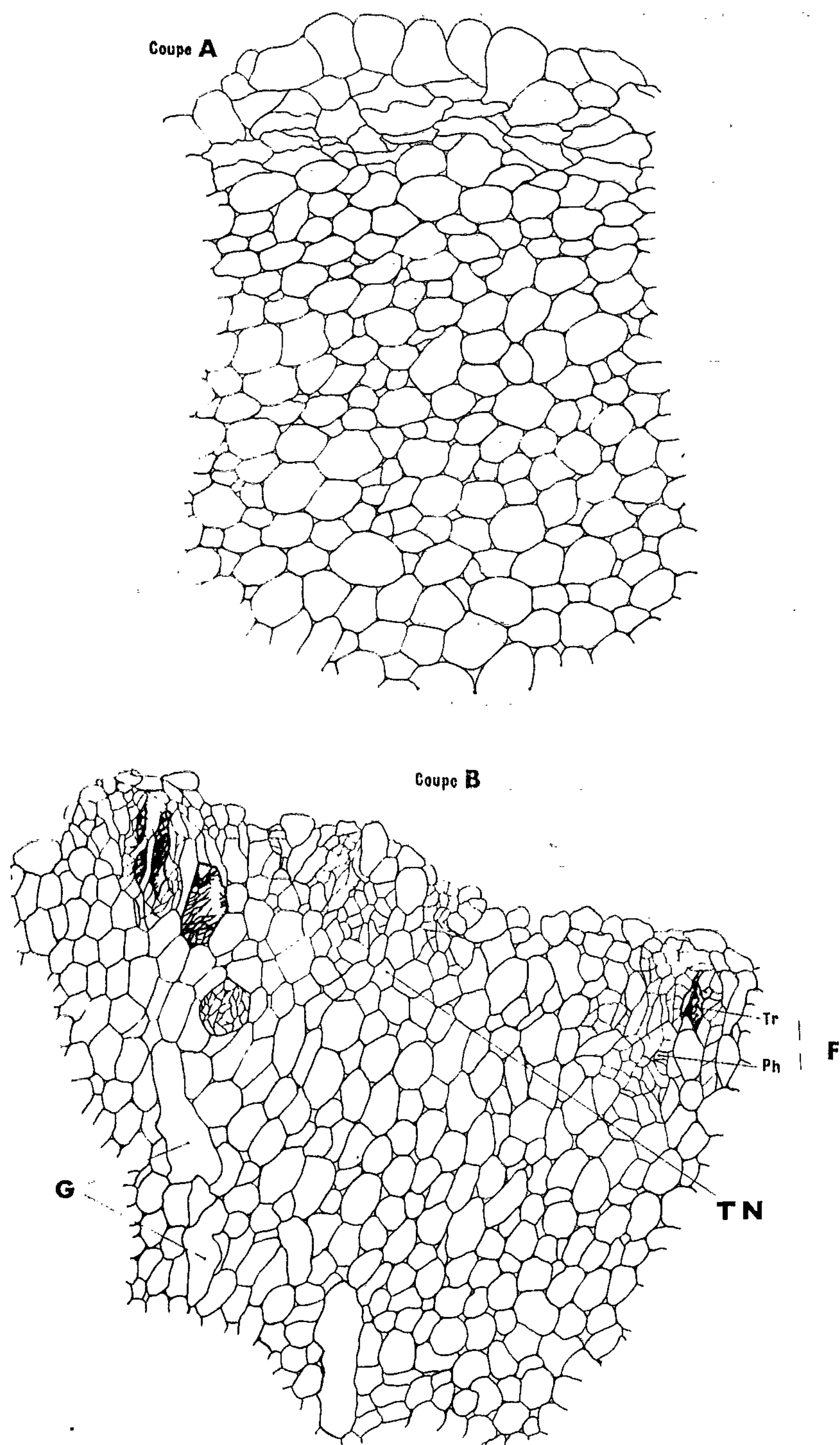
Nous avons signalé [1] que des rhizomes de Topinambour traités par les rayons X ne montrent aucune altération de leurs cellules, mais que celles-ci subissent cependant des lésions potentielles qui s'expriment par le fait que si on les cultive *in vitro* sur un milieu additionné d'acide indole-acétique à la dose de 10^{-6}, leurs noyaux sont incapables de se diviser par mitose mais subissent une sorte d'amitose aberrante qui n'est accompagnée d'aucun processus de cloisonnement cellulaire. Il en résulte que, lorsqu'on les cultive *in vitro*, les tissus de ces rhizomes irradiés ne s'accroissent que très faiblement. Il nous a paru intéressant de rechercher si les lésions potentielles ainsi provoquées par l'irradiation des rhizomes sont susceptibles de régresser, si l'on diffère le moment de la culture faisant suite à l'irradiation. Nous avons opéré de la manière suivante :

Des rhizomes de Topinambour en repos hivernal furent soumis au rayonnement d'un tube à rayons X de 250 kV et 12 mA, filtré par 2 mm d'aluminium et 0,3 mm de cuivre; la distance à la source étant de 42 cm, l'intensité du rayonnement était de 100 r/mn. Les doses utilisées s'échelonnaient entre 500 et 3 000 r.

Aussitôt après l'irradiation, des fragments de rhizomes traités et de rhizomes témoins furent ensemencés sur des milieux nutritifs contenant 10^{-6} d'acide indole-acétique; d'autres rhizomes irradiés et témoins furent conservés à 6° pendant deux mois, puis après ce délai, des fragments de ces rhizomes furent ensemencés sur un même milieu contenant 10^{-6} d'acide indole-acétique. Au bout de 40 jours de culture, nous avons déterminé les accroissements de poids frais et de poids sec des explantats. Les résultats de cette expérience sont réunis dans le tableau I.

L'examen de celui-ci permet de constater que lorsqu'on laisse les rhizomes au repos après le traitement par les rayons X, leurs tissus recouvrent le pouvoir de s'accroître *in vitro*.

Nous avons entrepris en outre des observations histologiques. Dans le cas d'explantats provenant de rhizomes ayant subi l'action d'une dose de rayons X de 3 000 r, et mis en culture aussitôt après l'irradiation, on observe, au lieu des structures normales [2], à la périphérie, des cellules arrondies dont certaines contiennent plusieurs noyaux et de très rares



Observations histologiques de coupes de fragments de rhizome de Topinambour mis en culture.

Coupe A : 3 000 r, ensemencement aussitôt après l'irradiation. Coupe B : 3 000 r, ensemensement deux mois après l'irradiation. F, faisceaux cribrovasculaires; Ph, phloème; Tr, trachéides; TN, tissu néoformé; Cd, cambium diffus; G, cellules géantes.

recloisonnements cellulaires. Si l'ensemencement est effectué deux mois après l'irradiation des rhizomes, les explantats produisent un cal provenant d'une véritable prolifération des cellules; ce cal contient des formations cribrovasculaires à l'état de nodules et des cellules géantes à noyaux multiples; sa masse fondamentale comprend en outre des cellules allongées dont certaines sont recloisonnées.

TABLEAU I.

Atténuation des lésions latentes provoquées par l'action des rayons X sur le rhizome de Topinambour.

Les valeurs contenues dans ce tableau représentent les moyennes calculées sur 20 explantats des accroissements obtenus au bout de 40 jours de culture sur un milieu nutritif contenant 10^{-6} d'acide indole-acétique.

	Tissus mis en culture aussitôt après l'irradiation.			Tissus mis en culture 60 jours après l'irradiation.		
	Accroissements de poids frais			Accroissements de poids frais		
Doses de rayons X reçues par les rhizomes en repos (en rœntgens).	en mg.	en % par rapport au témoin non traité.	Poids sec (en % du poids frais).	en mg.	en % par rapport au témoin non traité.	Poids sec (en % du poids frais).
0.........	1 645	100	13	1 352	100	13
500.........	1 775	108	13,4	1 421	105	12,5
1 000.........	1 113	69	14,2	1 487	110	10,5
1 500.........	1 106	67	14,8	1 337	99	13
2 000.........	972	59	14,8	1 329	98	13,25
2 500.........	662	40	17,9	1 316	97	13
3 000.........	398	24	18,5	1 255	92	12

En conclusion, l'étude de l'accroissement d'explantats issus de rhizomes laissés en repos après une irradiation, puis mis en culture sur un milieu additionné de 10^{-6} d'acide indole-acétique révèle une atténuation nette des altérations provoquées par les fortes doses de rayons X de l'ordre de 3 000 r. Ceci est confirmé par l'étude histologique. Ce processus de restauration est semblable à celui constaté sur l'œuf de *Bombyx mori* [3], mais par contre très différent des phénomènes observés chez les Mammifères pour lesquels les lésions provoquées par les fortes doses de rayons X ont un caractère permanent.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

[1] R. JONARD, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 3603.

[2] R. J. GAUTHERET, *Rev. gén. Bot.*, 60, 1953, p. 129.

[3] P. LAMARQUE, *Presse Médicale*, 60, 1952, p. 1039.

ZOOLOGIE. — *Définition de deux sous-espèces chez l'Isopode Flabellifère* Sphæroma hookeri *Leach*. Note (*) de M. **Robert Lejuez**, présentée par M. Louis Fage.

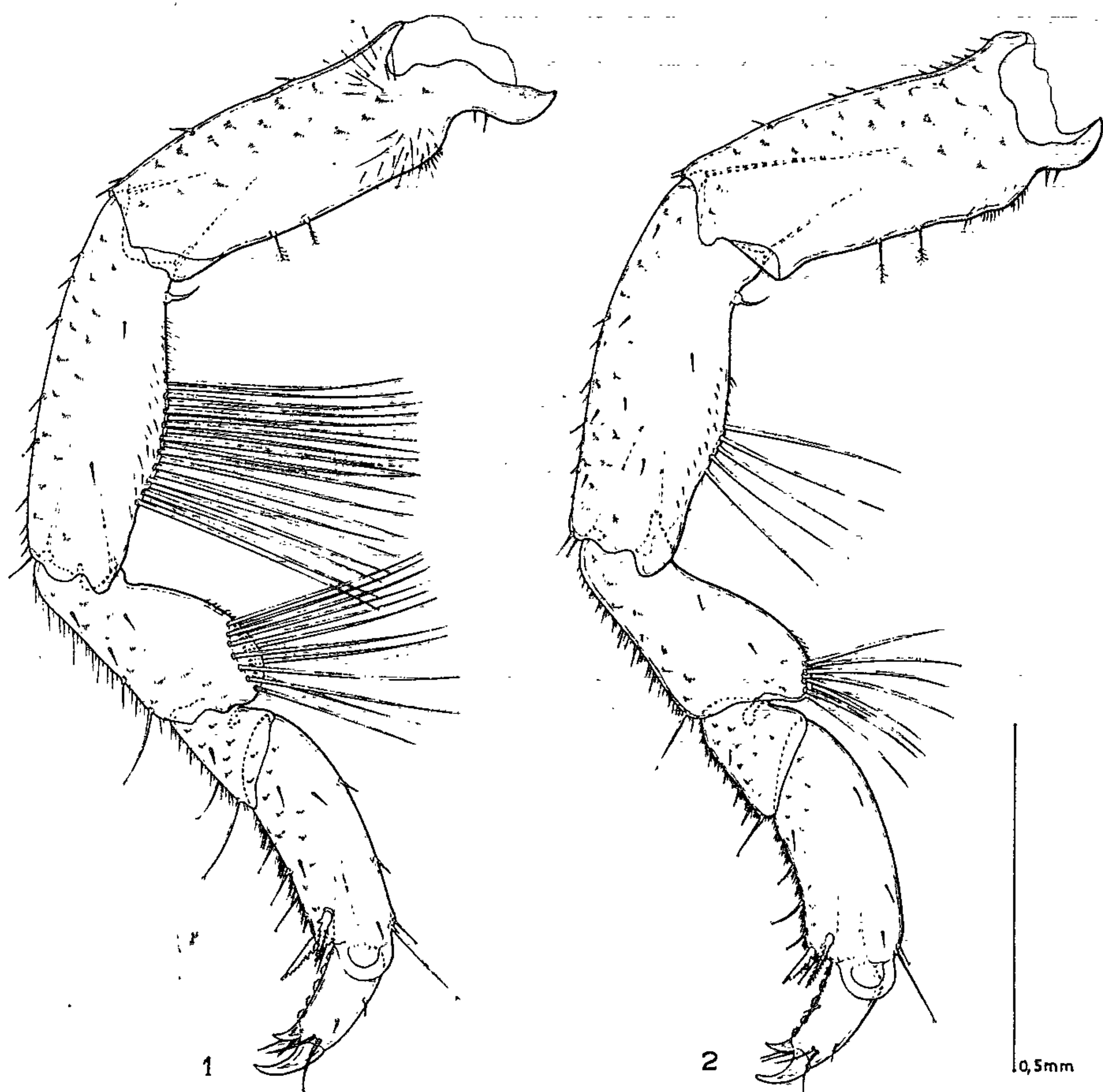
Sphæroma hookeri Leach des étangs saumâtres du Rousillon diffère, par des caractères morphologiques et biologiques héréditaires de *S. hookeri* des côtes d'Europe occidentale. Ces deux formes donnent facilement des hybrides féconds, dont les caractères sont intermédiaires entre ceux des parents. Il convient d'en faire deux sous espèces géographiques de *S. hookeri* : *S. hookeri hookeri* et *S. hookeri mediterranea*.

Depuis sa description par Leach en 1814, l'espèce *Sphæroma hookeri* a été fréquemment retrouvée: elle présente en effet une vaste distribution géographique, qui intéresse les côtes d'Afrique occidentale, de Méditerranée, d'Espagne, de France, de Grande-Bretagne, de Belgique, de Hollande, d'Allemagne, du Danemark, de Suède. Elle fut parfois considérée comme une simple variété de *S. rugicauda*, en raison de sa ressemblance morphologique avec cette dernière espèce et des inféodations très parallèles des deux formes à une vie saumâtre et largement euryhaline. En 1931, Th. Monod [1], dans son Mémoire sur les Sphæromatidæ, a soulevé à nouveau le problème de la signification systématique des *hookeri* et des *rugicauda*, insisté sur les caractères qui les séparent et montré qu'elles constituent deux espèces distinctes, quoique proches parentes. Jusqu'à présent, en tout cas, l'espèce *S. hookeri* a toujours été considérée comme monotypique.

Cependant, des comparaisons effectuées depuis 1959 sur des *S. hookeri* provenant, d'une part, des étangs du Roussillon (et notamment de l'étang du Canet) et, d'autre part, du canal de Caen à la mer, de Penzé (près de Roscoff) et de Kiel m'ont prouvé que des différences constantes existaient entre les populations de l'espèce habitant respectivement les côtes de Méditerranée et celles d'Europe occidentale. Tous les exemplaires observés, de quelque station qu'ils proviennent, possèdent bien en commun toutes les caractéristiques fondamentales des *hookeri*, notamment un pléotelson orné de deux carènes tergales et une phanérotaxie typique pour le propodite de P 1 (absence de la rangée distale des soies sur la face rostrale, au niveau des deux grosses phanères). Mais chaque groupe de populations, méditerranéen ou d'Europe occidentale, présente, chez *tous* ses individus, des particularités propres, qui, bien qu'elles soient d'assez faible amplitude et portent exclusivement sur des caractères quantitatifs, n'en sont pas moins aisément repérables; il ne s'agit donc pas ici d'un simple polymorphisme présent à l'intérieur des populations, et l'on doit reconnaître, chez les *hookeri*, deux formes géographiques que je propose de nommer *hookeri* et *mediterranea*.

Les caractères différentiels de ces deux formes sont les suivants :

a. les touffes de soies qui ornent les articles du fouet antennaire et du palpe du maxillipède, chez les mâles de taille moyenne, sont moins importantes (soies moins nombreuses et de longueur légèrement plus petite) chez les *mediterranea* que chez les *hookeri*; ces dissemblances ont tendance à s'atténuer chez les individus de grande taille;



Péréiopodes I de mâles de *Sphæroma hookeri hookeri* (1) et de *Sphæroma hookeri mediterranea* (2).

b. la sétosité des péréiopodes, et notamment celle des méropodites et des ischiopodites des péréiopodes antérieurs, constitue le caractère distinctif le plus net. Bien que, chez les deux formes, les soies qui ornent ces articles soient du même type (glabres dans leur moitié basale et finement plumeuses dans leur moitié distale), elles diffèrent en nombre et en dimension chez les *mediterranea* et les *hookeri* (*fig.* 1, 1 et 2) : on en compte 3 à 6 pour l'ischiopodite et 8 à 10 pour le méropodite chez la forme *mediterranea*, alors qu'il en existe 15 à 20 pour l'ischiopodite et 12 à 16 pour le méropodite chez la forme *hookeri*. Cette sétosité plus riche des *hookeri* typiques est corrélative d'une extension un peu plus grande du

lobe du méropodite. D'autre part, la longueur de ces soies est d'environ 1/4 à 1/3 plus petite chez les exemplaires des étangs du Roussillon.

Le problème essentiel est de savoir à quel niveau de la hiérarchie taxonomique correspondent les deux formes qui viennent d'être définies.

Les différences qui les séparent ne sont pas d'ordre phénotypique, mais traduisent de réelles différences génétiques : des individus des deux formes ont été maintenus en élevage pendant plus de trois ans dans des conditions identiques (eau de mer pure de Luc, de salinité normale) et ont conservé tous les caractères différentiels énumérés plus haut.

Il est d'autre part certain que la différenciation génétique de la forme *mediterranea* à partir de la forme *hookeri* n'a pas été poussée suffisamment loin pour assurer à la variété méditerranéenne un isolement spécifique : l'hybridation entre *mediterranea* et *hookeri* se réalise en effet sans difficulté au Laboratoire dans le sens *mediterranea* × *hookeri*, aussi bien que dans le sens réciproque; les hybrides des premières générations présentent, en ce qui concerne l'ornementation de leurs péréiopodes antérieurs, du fouet antennaire mâle, du maxillipède mâle, un aspect intermédiaire entre les phénotypes parentaux; ils sont féconds entre eux. Le taux de mortalité de ces hybrides, plus faible que celui des *mediterranea*, est du même ordre que celui des *hookeri* des côtes de la Manche.

Compte tenu de ces informations morphologiques et biologiques, on voit qu'il faut conférer aux deux formes actuellement connues de *S. hookeri* le rang de variété géographique, c'est-à-dire de sous-espèces.

Dans l'état actuel de nos connaissances, *S. hookeri* doit être considéré comme une espèce polytypique, comprenant deux sous-espèces :

— *S. hookeri hookeri*, qui s'étend au moins (je n'ai pu étudier jusqu'ici d'échantillons africains de *S. hookeri*) sur les côtes atlantiques européennes et sur les côtes de la Manche, de la mer du Nord et de la Baltique;

— *S. hookeri mediterranea*, qui habite les étangs saumâtres de nos côtes méditerranéennes.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) TH. MONOD, *Sphæromatidæ. Mém. Soc. Sc. nat. Maroc*, n. 19, 1931, p. 7-91.

(*Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences, Caen.*)

CYTOLOGIE. — *Sur un aspect particulier du réticulum cytoplasmique et ses rapports avec le chondriome dans les très jeunes ovocytes d'un Pœcilidé : Mollienisia sphenops.* Note (*) de MM. **Jean Pierre Zahnd** et **Aimé Porte**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans les très jeunes ovocytes de certains téléostéens, le chondriome paraît se former à partir du réticulum cytoplasmique.

Une organisation particulière du réticulum cytoplasmique suggérant un rôle de ce système dans l'élaboration du chondriome se rencontre dans les très jeunes ovocytes de certains Pœcilidés. Les images les plus nettes ont été observées chez *Mollienisia sphenops* (Black molly), dans les ovocytes dont le diamètre varie de 10 à 20 μ.

A ce stade de développement de l'ovocyte, la citerne périnucléaire est très festonnée et les pores nucléaires sont nombreux. Les amas de substance osmiophile que nous avons décrits dans les ovocytes plus évolués (où ils sont en rapport étroit avec les mitochondries) ([1]) sont déjà visibles à proximité du noyau. La citerne périnucléaire donne naissance de place en place à des dilatations et à de volumineux bourgeons orientés vers le cytoplasme, dont certains sont en rapport avec la substance osmiophile (*fig.* 2). Plusieurs de ces bourgeons montrent une invagination en doigt de gant, ébauche possible d'une structure à paroi double.

Le réticulum cytoplasmique est organisé en longues citernes largement espacées qui décrivent des arcades concentriques à la citerne périnucléaire (*fig.* 5). Comme cette dernière, elles sont festonnées et présentent en coupe longitudinale des interruptions analogues aux pores nucléaires.

En contact étroit avec les citernes du réticulum, on observe des corps ellipsoïdaux de taille inégale (de l'ordre du micron). Ils sont délimités par une double membrane, qui peut être incomplète par places et dont le feuillet interne présente des replis plus ou moins développés. La densité de leur contenu est faible. Ils renferment quelques granules fortement osmiophiles identiques à ceux qu'on voit dans les mitochondries d'autres tissus (*fig.* 3 et 4). Ces formations sont très souvent en contact avec les citernes; certaines images suggèrent même une continuité entre un feuillet du réticulum et la membrane externe de ces corps (*fig.* 1 et 4).

Discussion. — Ces corps qui possèdent : 1° une double membrane; 2° une ébauche de système membranaire interne rappelant les crêtes mitochondriales; 3° des granulations denses, semblent constituer une catégorie particulière de mitochondries. Il est possible qu'ils correspondent à des éléments du chondriome en formation. On ne les trouve que dans les très jeunes ovocytes (dans lesquels les mitochondries typiques sont rares

ou absentes), et leurs rapports d'extrême proximité ou même de contact direct avec les citernes du réticulum cytoplasmique dont ils semblent issus par bourgeonnement, suggèrent la possibilité d'une genèse du chondriome à partir du réticulum cytoplasmique à ce stade de l'évolution des ovocytes. Un mode analogue de formation du chondriome semble exister aux stades précoces de la spermatogenèse (2).

Explication des figures.

Fig. 1. — Longue citerne fenêtrée du réticulum, portant deux mitochondries qui semblent s'être formées par bourgeonnement (G × 12 000).

Fig. 2. — Citerne périnucléaire dont les pores sont bien visibles, émettant des bourgeons en rapport étroit avec des amas de substance osmiophile (G × 17 000).

Fig. 3. — Rapports du réticulum avec d'autres constituants cellulaires : *en haut*, contact entre une citerne du réticulum et la membrane cellulaire; *au milieu, à gauche*, formation de vésicules représentant probablement une ébauche golgienne à partir d'une « enveloppe » de réticulum; *à droite*, contact entre le réticulum et une mitochondrie, suggérant une continuité (G × 40 000).

Fig. 4. — Détail de la figure 3. Granules osmiophiles polyédriques dans le corps mitochondrial en contact avec le réticulum (G × 60 000).

Fig. 5. — Partie d'un jeune ovocyte : *en bas à gauche :* membrane plasmique de l'ovocyte; *en haut à droite :* vésicule germinative; *entre les deux :* disposition festonnée, grossièrement concentrique au noyau, des citernes du réticulum. Corps mitochondriaux associés à des dépôts osmiophiles juxta-nucléaires (G × 11 000).

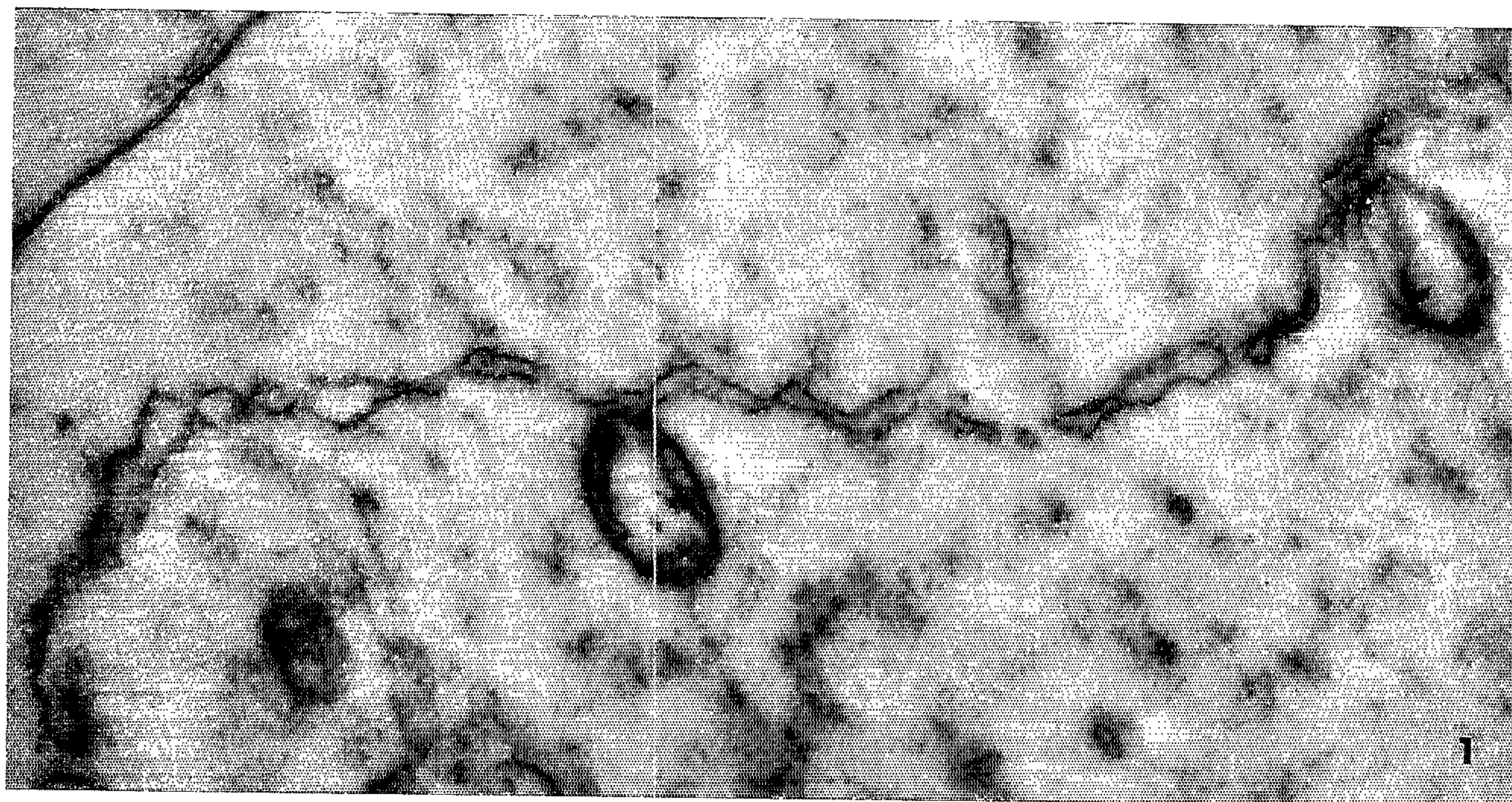
Fig. 6 et 7. — Rapports entre citernes du réticulum et structures mitochondriales et golgiennes (G × 27 500).

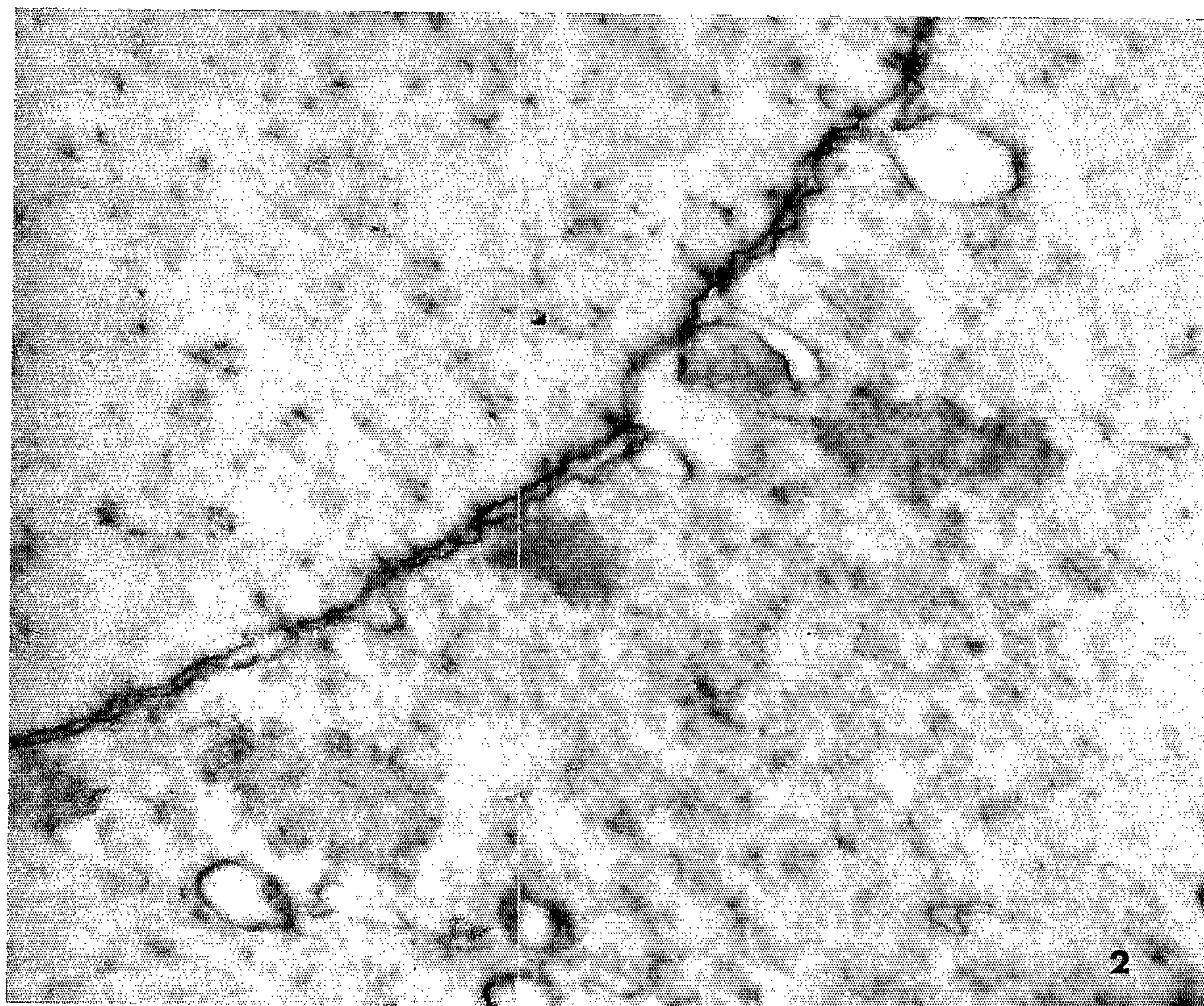
(*) Séance du 22 octobre 1962.

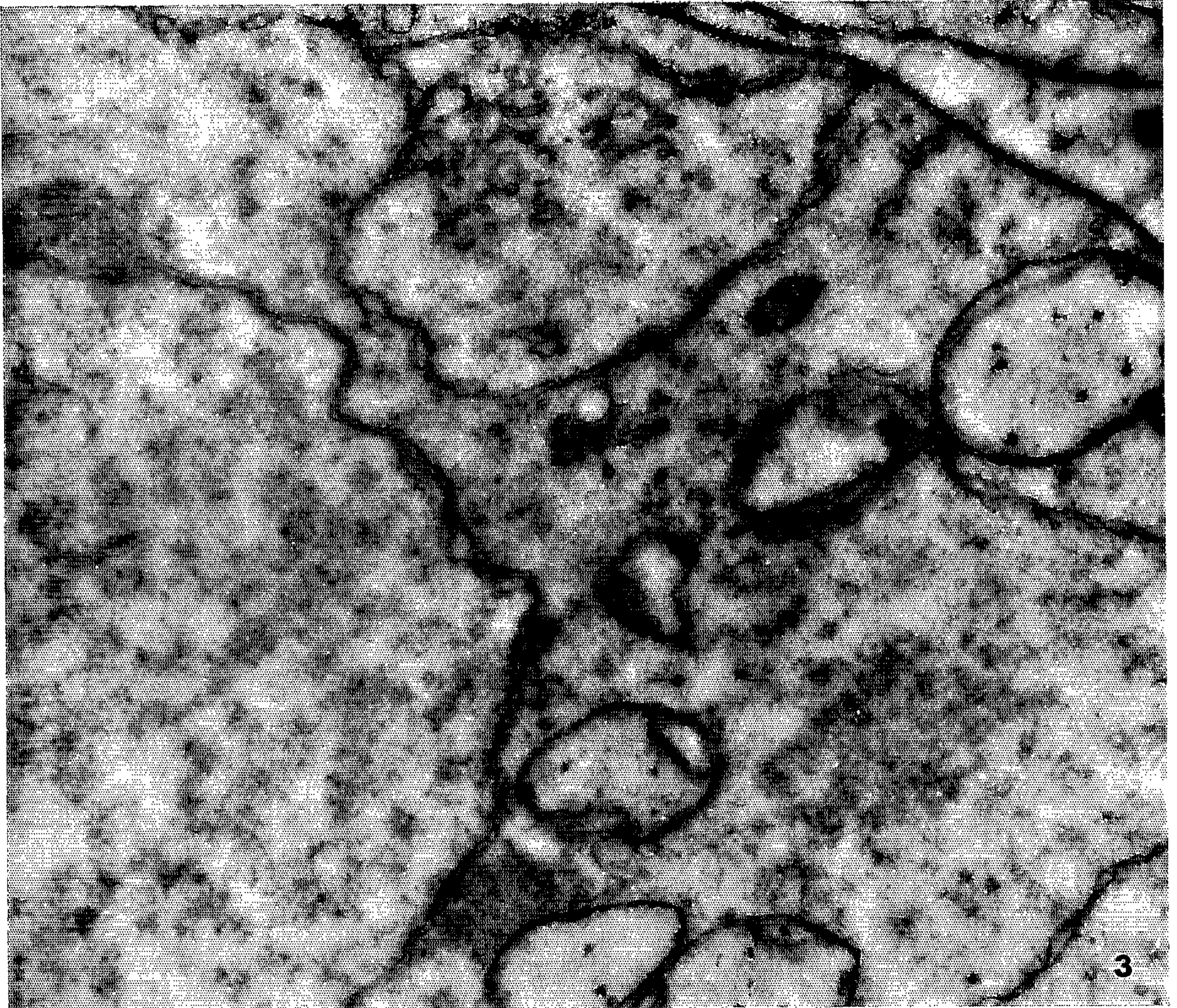
(1) A. Porte et J. P. Zahnd, *C. R. Soc. Biol.*, Strasbourg, séance du 12 mai 1962 (sous presse).

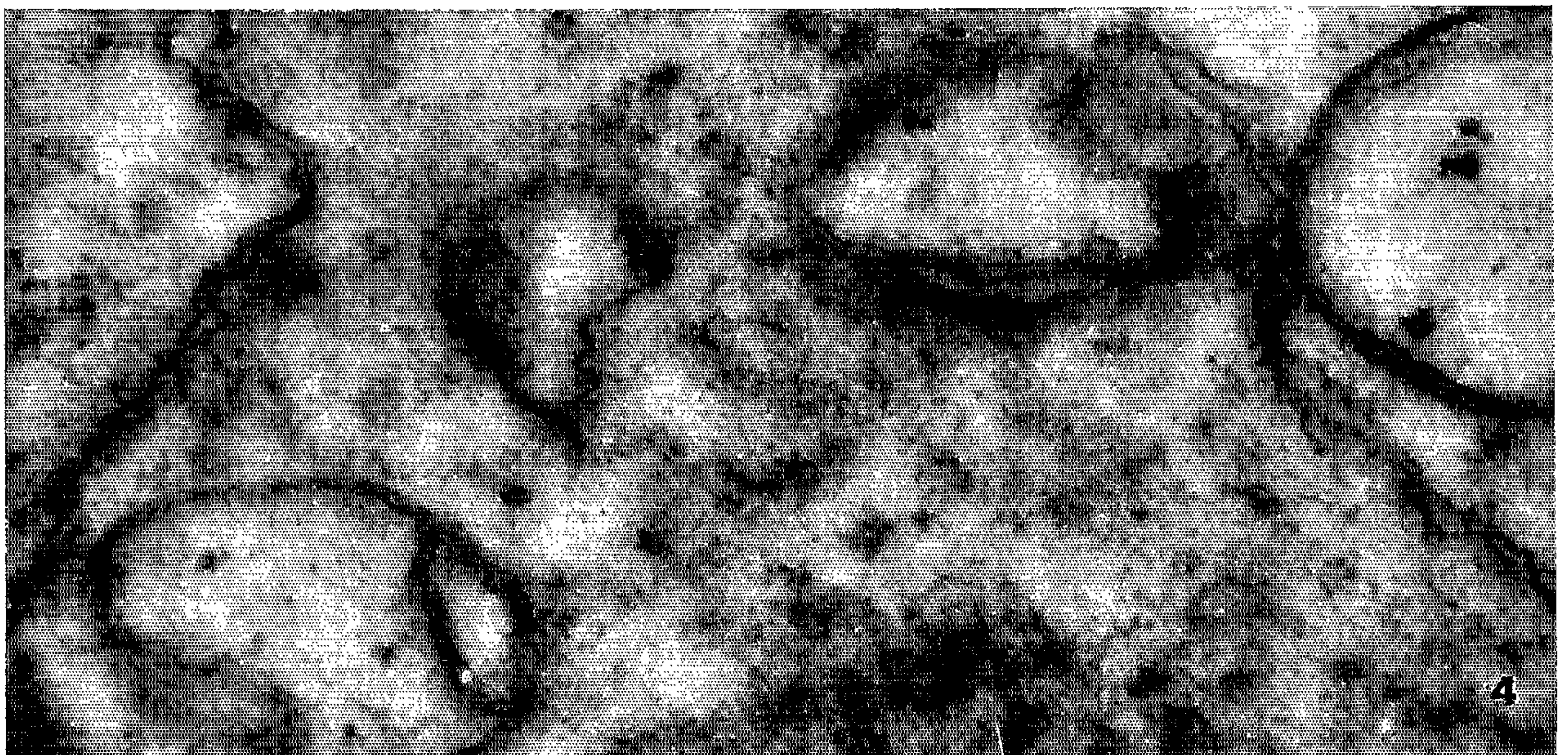
(2) J. André, *Journal of Ultrastructural Research*, Suppl. 3, mai 1962, p. 1-185.

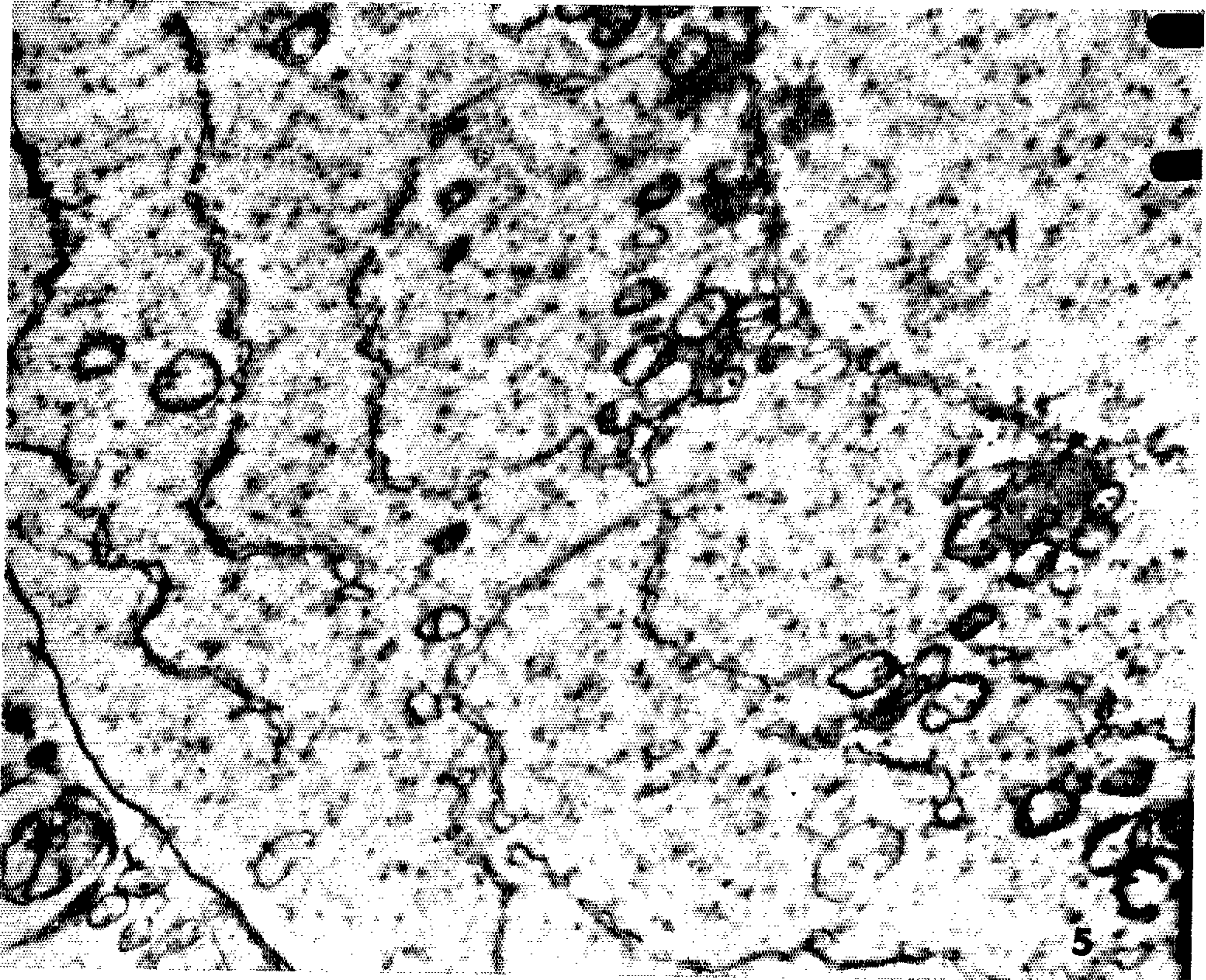
Institut d'Embryologie et *Institut d'Anatomie pathologique. Faculté de Médecine, Strasbourg.*)

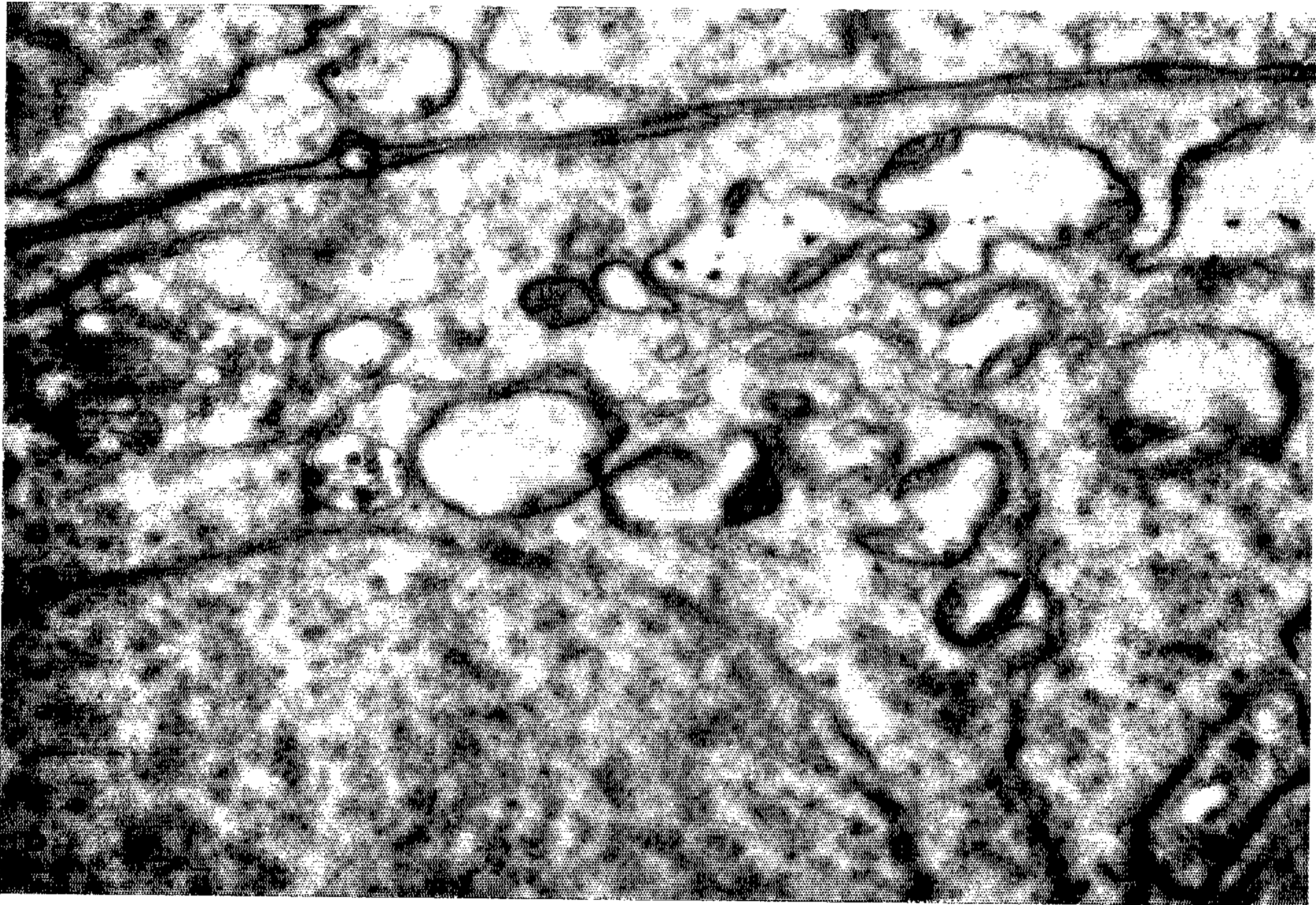

1

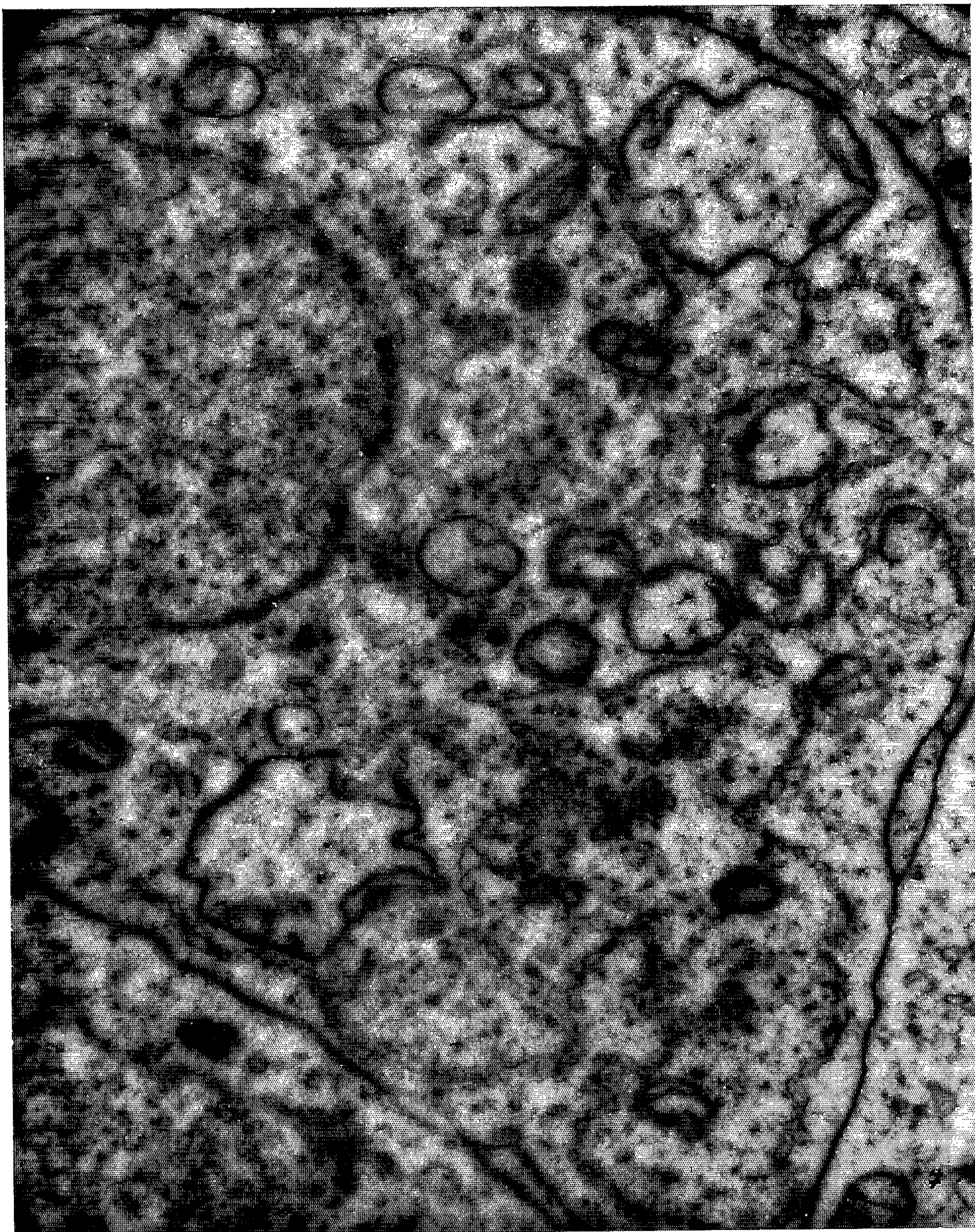

2


3


4


5





EMBRYOLOGIE. — *Sur la différenciation sexuelle précoce des segments antérieurs du mésonéphros chez la petite Roussette* : Scyliorhinus caniculus *L.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Thiébold**, présentée par M. Robert Courrier.

Chez l'embryon femelle de Roussette, les canaux segmentaires antérieurs n'arrivent pas à un complet développement et régressent rapidement. Ces caractères distinctifs du sexe femelle se manifestent bien avant toute différenciation morphologique de la gonade.

Chez l'embryon de Roussette mesurant de 17 à 20 mm ([1]), le mésonéphros est constitué d'une série de segments formés chacun d'un canal segmentaire qui met la cavité générale en relation avec l'uretère primaire. A ce stade « néphridioïde » (Borcea 1905) ([2]), le canal segmentaire présente trois parties : un *canalicule néphrostomique* s'ouvrant dans le cœlome par un néphrostome, longeant le bord externe de la veine cardinale postérieure et aboutissant dans une *vésicule moyenne* mise elle-même en communication avec l'uretère primaire par un *canalicule de réunion.* Ces trois parties du canal segmentaire se sont formées successivement : le canalicule néphrostomique et son néphrostome représentent la plus grande partie du tube cœlomique primitif, résultant lui-même de l'individualisation du segment ventral de la pièce intermédiaire; la vésicule moyenne résulte de la dilatation du fond aveugle de ce tube cœlomique; enfin on a tout lieu de penser que le canalicule de réunion procède à la fois de l'ébauche mésonéphrétique dorsalement, et de l'uretère primaire, ventralement.

J'ai eu l'occasion d'examiner les dispositions du mésonéphros sur coupes transversales chez 12 embryons arrivés à ce stade « néphridoïde ». Chez 5 d'entre eux les canaux segmentaires antérieurs, — au nombre de 5 à 7 selon les individus et le côté considéré —, sont incomplets : ils ne communiquent pas avec l'uretère primaire, se distinguant de ceux qui leur font suite par leur vésicule moyenne rudimentaire et par l'absence de canalicule de réunion. L'étude des stades ultérieurs montre que ce sont là les dispositions propres au sexe femelle ([3]) et que ces structures incomplètes sont appelées à disparaître totalement par désintégration de leurs éléments épithéliaux. C'est ainsi qu'au stade de 28-30 mn, qui correspond au début de la différenciation morphologique des gonades (migration des cellules germinales dans la medulla pour les ébauches mâles), on retrouve, chez l'embryon femelle, les vestiges de ces canaux incomplets sous la forme d'autant d'encoches successives dans la voûte de la cavité générale au bord externe du hile gonadique. Plus en arrière, les structures mésonéphrétiques sont, à ce stade, équivalentes à celles qu'on peut observer à niveau égal chez les embryons de sexe mâle.

Nous retiendrons que chez l'embryon de Roussette mesurant 17 de à 20 mm, apparaît un caractère morphologique qui permet de distinguer les sexes, en soulignant qu'à ce stade, les ébauches gonadiques, encore très rudimentaires, sont parfaitement indifférenciées. Cette évolution divergente des segments antérieurs du rein, précédant la différenciation gonadique, avait été clairement décrite par Rabl dès 1896 ([5]) à propos de *Pristiurus*. Elle n'a plus été relevée à ma connaissance dans les travaux, accomplis ultérieurement qui avaient trait à la différenciation sexuelle des Sélaciens. Il n'en est pas fait mention dans les récents traités d'embryologie et d'anatomie comparée que j'ai eu l'occasion de consulter.

Les études d'embryologie normale et expérimentale sur la différenciation sexuelle ont fait ressortir que le premier effet de la balance génétique est d'induire le développement préférentiel de l'un des constituants somatiques de la gonade : cortex ou medulla. Il est admis, d'autre part, que l'orientation des caractères sexuels primaires (dérivés Wolffiens et Mullériens, organes d'accouplement, tous territoires de la sphère sexuelle différenciés précocement), suit la différenciation gonadique et que des substances hormonales élaborées par la gonade embryonnaire en assurent le contrôle. La première phase de la différenciation du rein antérieur chez la Roussette précédant, et de loin, toute différenciation histologiquement décelable de la gonade, ne saurait être considérée comme un caractère sexuel primaire ainsi défini.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) Il s'agit d'embryons « méditerranéens » provenant du Laboratoire Arago de Banyuls-sur-Mer (Pyrénées-Orientales) et développés à Strasbourg.

([2]) I. Borcea, *Arch. Zool. Exp. Gén.*, 4, 1905, p. 199-844.

([3]) Un certain nombre de segments antérieurs du rein se transforment en glandes annexes du testicule (Glande de Leydig) chez la Roussette mâle. Une partie des segments correspondants disparaissent chez la femelle. Chez l'embryon, ce territoire est sensible à l'action de l'hormone androgène, dans les deux sexes (Thiébold, 1954) ([4]).

([4]) J. J. Thiébold, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 88, 1954, p. 130-145.

([5]) C. Rabl, *Morph. Jahrb.*, 24, 1896, p. 632-767.

(*Laboratoire de Zoologie et d'Embryologie expérimentale, Faculté des Sciences de l'Université de Strasbourg.*)

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Le développement de l'embryon d'Orvet* (Anguis fragilis *L.*) *décapité à un stade précoce.* Note de M. **Albert Raynaud** [1], présentée par M. Jacques Tréfouël.

Dans une Note précédente [2], une méthode de décapitation précoce de l'embryon d'Orvet (*Anguis fragilis*) a été décrite. Je relate ici les premières observations faites sur le développement de ces embryons décapités. L'étude histologique de leur tête a permis de s'assurer que l'ébauche de l'hypophyse avait été totalement enlevée au moment de la décapitation [3]; à ce stade cette ébauche se présente (*fig.* 2 et 3) sous forme d'une petite invagination, de l'épithélium du stomodæum; l'ébauche de la *pars nervosa* n'est pas encore formée.

Après la décapitation, les œufs ont été cultivés *in vitro*, selon la méthode antérieurement décrite [4] ou bien en plaçant chaque œuf opéré dans un récipient de verre individuel contenant un milieu de culture constitué par un mélange d'albumine d'œuf de poule et de solution de Tyrode (ou de NaCl à 8 °/₀₀) [5]. Les œufs opérés sont surveillés chaque jour et la transparence des membranes de l'œuf permet de suivre aisément le développement de l'embryon. Un certain nombre d'embryons sont morts dans les jours suivant l'opération [2], les autres (11 au total) ont poursuivi leur développement; ils ont été sacrifiés entre 5 et 15 jours après l'opération; après avoir été pesés, mesurés, examinés, ils ont été fixés et étudiés microscopiquement sur coupes sériées.

Après la décapitation, l'aire vasculaire pâlit temporairement; les pulsations cardiaques sont légèrement plus rapides chez l'opéré que chez le témoin. Au bout de quelques jours, l'embryon décapité présente, comme l'embryon normal, des mouvements spontanés de torsion ou de ploiement du tronc. Témoignant de l'activité sécrétrice externe des cellules hépatiques, la tache noir verdâtre de la vésicule biliaire devient bientôt visible chez les décapités [6] comme chez les témoins.

Au moment du sacrifice, 10 à 15 jours après l'opération, l'embryon décapité présente une morphologie caractéristique (*fig.* 1, 4 et 5) : une grande partie de la tête manque; la mâchoire inférieure (m. inf.) est en général présente, avec la langue (l.); au-dessous de la section du métencéphale (S. mét.) nettement tranché, bordée par le tégument, s'ouvre le pharynx (O. ph.); toutes les parties du cerveau situées en avant du plan de section (qui passait à travers la partie postérieure du mésencéphale ou à travers le quatrième ventricule) font défaut. Il existe en général un léger œdème sous-cutané à la base de la mâchoire inférieure. Le restant du corps est normalement constitué. Chez deux embryons, la mâchoire inférieure elle-même faisait défaut.

Croissance. — Au moment de la décapitation l'embryon pèse une vingtaine de milligrammes; après suppression de la tête, il atteint en général, en 14 à 15 jours, un poids de 60 à 70 mg tandis que le poids des témoins est compris entre 100 et 110 mg; une grande partie de cette différence pondérale est due à l'absence de la tête. La longueur du corps (de l'extrémité crâniale au cloaque) est de 20 mm à ce stade chez les décapités et de 22 à 23 mm chez les témoins; ces longueurs sont très voisines étant donné que la hauteur du crâne est comprise dans la mesure, chez les témoins. Cependant certains embryons décapités sont restés plus petits et ne pèsent, dix jours après l'opération, qu'une quarantaine de milligrammes; ici, il est possible que des lésions de l'aire vasculaire ou d'autres facteurs soient intervenus.

Développement de l'appareil génital. — Chez l'embryon de 5 mm, au stade de la décapitation, la crête génitale n'est pas encore soulevée. Après la décapitation les ébauches gonadiques se développent à un rythme normal

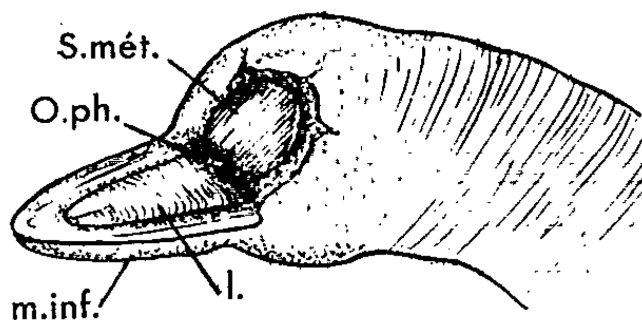


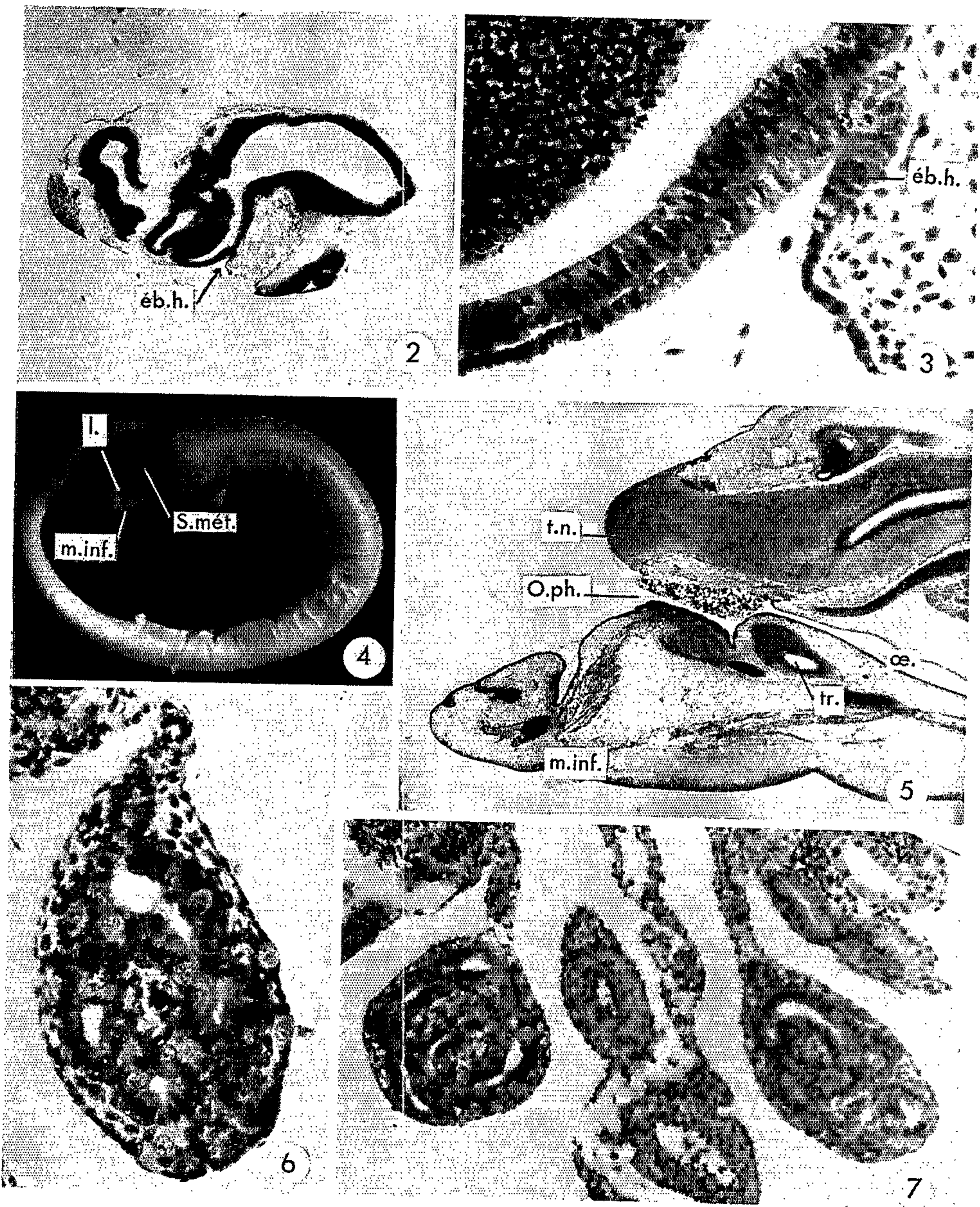
Fig. 1. — Morphologie de l'extrémité antérieure du corps d'un embryon d'Orvet, 14 jours après la décapitation.

et se différencient sexuellement; parmi les décapités ayant atteint un stade de développement suffisant pour que la différenciation sexuelle des gonades puisse s'effectuer, il y avait quatre mâles et une femelle. Dans les testicules, les tubules sont bien formés, avec une lumière et un épithélium cylindrique dans lequel sont encastrées des cellules germinales (*fig.* 6 et 7). Chez les embryons plus jeunes on trouve des testicules et des ovaires en voie de formation. Les canaux de Müller sont présents chez les embryons décapités des deux sexes, pesant de 50 à 70 mg et chez les témoins (les embryons ont été sacrifiés avant la période de la différenciation sexuelle des gonoductes qui a lieu, normalement, entre les stades de 110 et 160 mg).

Développement des glandes surrénales. — Au moment de la décapitation,

LÉGENDE DES FIGURES DE LA PLANCHE PHOTOGRAPHIQUE.

Fig. 2 : Section sagittale (G × 25) d'une tête d'embryon d'Orvet fixée au moment de la décapitation d'un embryon; l'ébauche hypophysaire (éb. h.) est visible sur cette photographie et sur la figure 3 (G × 281); Fig. 4 et 5 : Aspect extérieur (G × 3,5) et coupe histologique sagittale (G × 25) de l'extrémité antérieure du corps d'embryons, 15 et 14 jours après la décapitation (l., langue; m. inf., mâchoire inférieure; O. ph., orifice du pharynx; œ., œsophage; S. mét., section du métencéphale; t. n., tube nerveux; tr., trachée); Fig. 6 et 7 : Sections des testicules, de deux embryons décapités, sacrifiés 14 jours après l'opération (*fig.* 5 : G × 281 et *fig.* 6 : G × 136).


éb.h.
2
éb.h.
3
l.
S.mét.
m.inf.
4
t.n.
O.ph.
œ.
tr.
m.inf.
5
6
7

le cortex surrénal n'est pas encore formé; son développement s'est poursuivi suivant un rythme sensiblement normal après l'opération.

Développement de la glande thyroïde. — La glande thyroïde des embryons décapités est fortement réduite en volume par rapport à celle des témoins et beaucoup moins différenciée au point de vue structure et fonction : chez les embryons décapités les plus développés, pesant de 53 à 98 mg, la glande est formée 10 à 15 jours après la décapitation, par un amas de cellules présentant de nombreuses mitoses et un cordon s'est organisé à partir des assises cellulaires les plus externes; ce cordon est étroit, n'est pas découpé en vésicules et ne contient pas de colloïde ou seulement, parfois, de légères traces; au contraire, dans les glandes thyroïdes des témoins des mêmes portées, les cordons se sont organisés en petites vésicules contenant de petits amas de substance colloïde et des vacuoles de résorption sont visibles. L'état d'hypodéveloppement de la thyroïde des embryons décapités résulte probablement de l'absence de stimulation de l'ébauche thyroïdienne par une hormone thyréotrope hypophysaire; de nouvelles expériences seront entreprises pour essayer de démontrer l'existence de cette corrélation.

(1) Avec l'assistance technique de Mlles J. Defoort et M. C. Roberge.

(2) A. RAYNAUD, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2829.

(3) Chez un de ces embryons (E 13 Orv. 481) ce contrôle n'a pu être fait, la tête ayant été en partie écrasée au moment du prélèvement; néanmoins, le niveau du plan de section de la tête et également l'absence de tout vestige hypophysaire à l'extrémité crâniale du corps de l'embryon, indiquent que toute l'hypophyse a dû être enlevée.

(4) A. RAYNAUD, *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 1715 et 1813; il n'a pas été effectué de contrôle bactériologique de ces cultures.

(5) Ces récipients de verre, fermés seulement partiellement, étaient disposés sur une plaque de porcelaine ajourée, dans un dessiccateur (préalablement stérilisé) contenant, dans sa partie inférieure, de l'eau distillée stérile. Les milieux de culture utilisés ici sous petit volume, et contenant une proportion élevée d'albumine d'œuf de poule, sont toujours restés limpides; des frottis du milieu effectués à la fin de l'expérience n'ont pas révélé de germe microbien; dans deux cas seulement une très petite tache de moisissure s'était développée à la surface de l'œuf (œufs O 10 Orv. 481 et O 9 Orv. 482) sans altérer d'ailleurs la vitalité de l'embryon.

(6) En outre, l'étude histochimique montre que dans le foie des embryons décapités, il existe un abondant matériel PAS positif.

(*Institut Pasteur, Service d'Embryologie expérimentale, Sannois, Seine-et-Oise.*)

PHYSIOLOGIE. — *Iode thyroïdien et équilibre protéique sanguin au cours de la carence iodée chez le Rat blanc.* Note (*) de MM. **Mathieu Chekherdemian**, **Charles Lantos** et **Guy Poumeau-Delille**, présentée par M. Robert Courrier.

Un régime composé exclusivement de maïs pauvre en iode provoque chez le Rat un goître avec grosse baisse du contenu en iode 127 de la thyroïde. L'addition d'iodure de potassium à l'eau de boisson prévient le goître mais normalise incomplètement le taux d'iode thyroïdien et entraîne des modifications valables de la protéinémie qui s'abaisse et de l'α_1-globulinémie qui s'élève.

Mazzocco [1] a montré que le maïs provenant de la région préandine de Salta, où le sol est pauvre en iode était goitrigène. L'un de nous [[2], [3]] a obtenu un goître avec exophtalmie chez le Rat exclusivement nourri avec ce maïs.

Nous étudions dans cette Note les modifications de la teneur en iode 127 de la thyroïde et les troubles de l'équilibre protéique du sérum sanguin provoqués par cette carence.

Nous avons utilisé 75 rats adultes provenant d'une souche pure, cinq lots de 10 rats ont reçu exclusivement du maïs de Salta durant 3 à 5 mois; trois de ces lots ont eu comme boisson de l'eau distillée; le lot n° 5 a reçu, dès la mise en carence, de l'eau distillée avec 20 μg de KI %; le lot n° 6 a été mis à cette eau iodée le troisième mois de la carence.

Les témoins ont eu un régime équilibré normalement iodé. Le régime de maïs a été bien supporté. L'iode thyroïdien 127 a été dosé suivant la technique de Zak [4] modifiée par Enriori et par l'un de nous [5]. Les protéines du sérum sanguin ont été dosées par électrophorèse sur papier. Les résultats sont résumés dans les deux tableaux suivants I et II.

Le régime exclusivement composé de maïs pauvre en iode est bien supporté, malgré l'absence de deux acides aminés : lysine et tryptophane; il provoque la formation d'un goître; histologiquement il s'agit d'un goître microfolliculaire pauvre en colloïde. La teneur en iode de ces thyroïdes baisse de façon significative tant en valeur absolue, qu'exprimée en pourcentage d'iode 127 ramené à 100 mg de glande fraîche. Les résultats correspondant aux lots carencés n°s 1, 2 et 4, comparés à ceux du lot témoin n° 3 donnent tous des chiffres hautement significatifs, P = 0,01. La thyroïde des rats carencés contient environ dix fois moins d'iode que celle des témoins.

Le fait d'ajouter de l'iode au régime dès le début de la carence prévient le goître (lot n° 5). Si l'iode est administré à partir du troisième mois de la carence, le goître persiste très développé, bien que la thyroïde se charge assez fortement en iode (lot n° 6).

L'équilibre des protéines et des globulines du sérum sanguin n'est pas perturbé de façon significative chez les animaux carencés (tableau II)

TABLEAU I.

Résultats du dosage de l'iode thyroïdien chez les rats carencés en iode ou non.

Lot n°	Nombre et sexe des rats.	Poids moyen des rats (g).	Durée de la carence.	Poids de la thyroïde (mg).	Contenu de la thyroïde (µg).	Concentration en iode 127 (en µg pour 100 mg de thyroïde).	Coefficient de dispersion (%).
1.....	10 ♀	170 ± 6	3 mois	25,4 ± 2	1,68 ± 0,2	6,1 ± 0,7	11
2.....	9 ♀	190 ± 6	5 mois	32,2 ± 2,2	1,2 ± 0,2	3,7 ± 0,6	16
3.....	10 ♂	320 ± 13	Témoins régime normal	12,8 ± 1	12,4 ± 1	96,8 ± 7,8	8
4.....	10 ♀	185 ± 7	3 mois	40 ± 2,6	0,6 ± 0,04	1,5 ± 0,19	12
5.....	10 ♀	190 ± 6	3 mois + KI dans l'eau de boisson	15 ± 0,6	7,2 ± 1,4	47,3 ± 9	19
6.....	10 ♂	280 ± 10	3 mois + KI dans l'eau le dernier mois	35,2 ± 2,8	17,4 ± 1	49,4 ± 2,8	5,6

TABLEAU II.

Résultats du dosage des protéines du sérum sanguin des rats.

Lots.	Protéines totales du sérum (g ‰).	Albumines du sérum (%).	Globulines α_1 (%).	α_2 (%).	β (%).	γ (%).
Lot T_1 (cinq témoins ♀, 210 g ± 5)............	67 ± 0,7	46 ± 0,4	10 ± 0,3	13,6 ± 0,5	13,6 ± 2,3	15,4 ± 0,7
Lot T_2 (six témoins ♀, 220 g ± 7)............	65 ± 0,5	45 ± 0,3	10 ± 0,5	14 ± 0,9	15 ± 0,5	15,3 ± 0,3
Lot 1 carencé 3 mois.....	65 ± 1	42 ± 0,6	12,1 ± 0,3	15 ± 0,6	15 ± 0,4	16 ± 0,8
» 2 » 5 »	67,5 ± 1,7	45 ± 0,8	10 ± 0,4	14,2 ± 0,3	15,6 ± 0,2	14 ± 0,3
» 3 témoin............	64 ± 1,2	45 ± 0,7	9,3 ± 0,2	14,5 ± 0,4	15 ± 0,5	16 ± 0,5
» 4 carencé 3 mois.....	67 ± 1,4	42 ± 0,9	10,6 ± 0,2	13,8 ± 0,8	17 ± 0,5	16,7 ± 0,7
Lot 5 carencé 3 mois + KI dans l'eau de boisson...	60 ± 2,4	41 ± 1,5	14 ± 1	13 ± 0,4	16,3 ± 0,5	14,5 ± 0,9
Lot 6 carencé 3 mois + KI dans l'eau le dernier mois..................	56 ± 0,6	44 ± 1,2	11 ± 0,5	13,7 ± 0,7	17 ± 0,6	15,3 ± 0,3

mais l'administration d'iode, soit dès le début (lot n° 5), soit au troisième mois de la carence (lot n° 6) fait diminuer de façon assez significative (P = 0,05) le taux des protéines totales, qui s'abaisse à 60 g ‰ (lot n° 5) et à 54 g ‰ (lot n° 6), pour une valeur moyenne de 65 g ‰ chez les témoins (lots T_1, T_2 et n° 3).

Parmi les globulines, seules les α_1 subissent des variations notables; l'augmentation de la valeur des α_1-globulines chez les carencés, comparée avec celle des témoins n'est pas significative; par contre, cette différence est assez significative chez les carencés ayant pris de l'iode (lot n° 5). Ces modifications de l'équilibre protéique chez les carencés ayant ingéré de l'iode pourrait s'expliquer par une action de l'iode sur le cathabolisme.

Enfin, il n'existe pas de corrélation mathématique entre la teneur en iode de la thyroïde et les variations de l'équilibre protéique dans les divers lots.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) P. Mazzocco, *C. R. Soc. Biol.*, Paris, 102, 1929, p. 867.

(2) G. Poumeau-Delille et J. Tramezzani, *XXIe Congr. Intern. Physiol.*, Buenos Aires, 1959, p. 219.

(3) G. Poumeau-Delille et J. Tramezzani, *Ann. franç. Endocrin.*, 21, 1960, p. 818.

(4) B. Zak, H. H. Willard, G. B. Myers et A. Boyle, *J. Analyt. Chem.*, 24, 1952, p. 1345.

(5) C. Lantos, *Thèse Doct. Biochimie et Pharm.*, Buenos Aires, 1962.

(*Laboratoire d'Endocrinologie expérimentale, Viamonte*, 1819, *Buenos Aires*.)

PHYSIOLOGIE. — *Influence de la température d'incubation sur la synthèse* in vitro *de certains stéroïdes dans le testicule de Rat.* Note (*) de MM. **Denis Gospodarowicz** et **Jean Legault-Démare**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

On sait depuis les travaux de Moore [1] que la température à laquelle le testicule est maintenu *in vivo* est un facteur essentiel de son fonctionnement. Un comportement parallèle a été décrit pour l'ovaire [2].

Cependant, les modifications métaboliques provoquées par une variation de température n'ont été mises en évidence que de façon indirecte : dans le phénomène de cryptorchidie par exemple, la diminution de la quantité d'androgènes déversés dans la circulation par le testicule est révélée par une atrophie des organes secondaires mâles. Aucune donnée précise sur a composition de la secrétion interne testiculaire en fonction de la température n'a été jusqu'à maintenant publiée.

A la suite de recherches sur l'activité biologique *in vitro* des hormones gonadotropes [[3], [4]], l'action de la température sur le métabolisme des stéroïdes dans le tissu testiculaire a été étudiée. Cette étude a été limitée à trois stéroïdes importants : le cholestérol, considéré comme un précurseur des stéroïdes hormonaux, la progestérone et la Δ_4-androstène-3.17 dione, celle-ci étant prise comme indice de l'activité androgénique du tissu étudié.

Techniques. — Les testicules de rats Wistar de 75 jours sont prélevés, et coupés en fragments de 0,5 mm d'épaisseur environ; les fragments obtenus sont mélangés et répartis à peu près également entre deux fioles contenant 2,5 ml de milieu d'incubation : solution de Ringer glucosée, tamponnée à pH 7,3 et contenant une certaine quantité d'acétate-1 ^{14}C. Dans les expériences avec l'hormone chorionique, celle-ci est dissoute dans 0,1 ml de milieu et ajoutée à l'une des fioles (hormone chorionique, Laboratoires de l'Endopancrine). Les résultats obtenus montrent que la quantité d'acétate marqué introduite dans le milieu influe seulement sur l'activité spécifique en valeur absolue des stéroïdes isolés, et non sur le rapport des valeurs obtenues pour le témoin et pour l'essai.

Après incubation de 2 h, les tissus sont séparés du milieu, les stéroïdes sont extraits et purifiés par une technique décrite en détail dans une autre publication [5]. La progestérone et l'androstènedione sont dosées par spectrophotométrie, et la radioactivité de chaque fraction est mesurée à l'aide d'un compteur de Geiger.

Le tableau I présente quelques résultats obtenus en mesurant l'activité spécifique des trois stéroïdes étudiés, après incubation à deux températures différentes. Si l'on exprime, pour chacun d'eux, l'activité spécifique obtenue à 38° en pourcentage de l'activité spécifique obtenue à 27° prise

TABLEAU I.

Influence de la température sur le marquage de différents stéroïdes.

Expérience n°	Température d'incubation (°C).	Cholestérol µg.	Cholestérol coups/mn/µg.	Cholestérol Δ%.	Androstènedione µg.	Androstènedione coups/mn/µg.	Androstènedione Δ%.	Progestérone µg.	Progestérone coups/mn/µg.	Progestérone Δ%.
1	38	1 960	0,43	238	–	–	–	8,3	0,38	238
	27	5 600	0,18	–	–	–	–	7,2	0,16	–
2	38	3 440	0,77	179	12,4	0,4	36	8,1	0,86	154
	27	580	0,43	–	3,5	1,1	–	7,4	0,56	–
3	38	5 360	0,63	200	8,2	0,56	64	7,7	0,81	98
	27	5 120	0,32	–	5,7	0,87	–	4,6	0,82	–
4	38	4 800	13,6	208	3,3	2,0	87	2,1	3,4	263
	27	5 440	6,6	–	3,3	2,3	–	2,8	1,3	–
5	38	5 120	16,3	250	4,8	2,1	41	4,5	3,1	115
	27	6 400	6,5	–	2,7	5,1	–	2,7	2,7	–
6	38	5 200	4,9	129	4,2	1,8	69	7,3	4,1	238
	27	4 240	3,8	–	4,2	2,6	–	4,8	1,7	–
7	38	3 600	13,2	307	4,2	1,6	80	5,1	1,4	156
	27	4 640	4,3	–	4,2	2,0	–	5,7	0,9	–
Moyenne des valeurs de Δ% (*)			216 ± 21			57 ± 9			159 ± 25	

Δ% représente l'activité spécifique (coups/mn/µg) mesurée à 38°, en pourcentage de l'activité spécifique mesurée à 27°.

Quantité d'acétate marqué utilisée : expériences 1 à 3 : $11,1.10^6$ coups/mn; expériences 4 à 7 : $380,0.10^6$ coups/mn.

(*) ± erreur standard sur la moyenne : $\sqrt{\dfrac{(x-\bar{x})^2}{n(n-1)}}$.

comme référence, on voit qu'à 38°, le marquage de l'androstènedione est considérablement diminué. Au contraire, celui de la progestérone est augmenté, ainsi que le marquage du cholestérol qui est pratiquement doublé.

Ces résultats montrent, par une mesure directe, qu'en augmentant la température à laquelle le tissu testiculaire est soumis, la synthèse des substances androgéniques est ralentie.

Le tableau II montre l'action, sur le marquage du cholestérol, de l'hormone chorionique ajoutée au milieu d'incubation à différentes températures. Les moyennes obtenues sur trois expériences dans chaque cas montrent qu'à 38° l'hormone chorionique est sans action; à 33°, température approximativement « normale » du testicule du Rat, elle exerce une très faible stimulation; enfin à 27°, elle stimule de façon très nette l'incorporation de l'acétate marqué dans le cholestérol. Ces résultats permettent d'interpréter une observation de Brady ([6]) selon laquelle l'hormone chorionique ne stimulerait pas l'incorporation de l'acétate dans le cholestérol du testicule *in vitro*. Comme les expériences de Brady ont été faites à 37,5°, les résultats du présent travail montrent qu'effectivement aucune stimulation ne pouvait être constatée dans ces conditions.

TABLEAU II.

Action de l'hormone chorionique humaine (HCG) *sur l'incorporation* in vitro *d'acétate marqué dans le cholestérol du testicule du Rat à différentes températures.*

Expérience n°	Température (°C).	HCG *in vitro* (U. I.).	Cholestérol coups/mn/μg.	Cholestérol Δ % (*).	Moyenne des valeurs de Δ % (**).
1	38	0	0,43	–	
		20	0,38	88,5	
2	38	0	0,30	–	108 ± 10
		20	0,35	117	
3	38	0	0,33	–	
		20	0,39	118	
4	33	0	0,13	–	
		20	0,21	161	
5	33	0	0,20	–	127 ± 17
		20	0,22	110	
6	33	0	0,18	–	
		20	0,20	111	
7	27	0	0,12	–	
		20	0,27	225	
8	27	0	0,12	–	191 ± 17
		20	0,20	166	
9	27	0	0,11	–	
		20	0,20	182	

(*) Radioactivité spécifique obtenue en présence d'hormone chorionique, en pourcentage de la radioactivité spécifique obtenue pour le témoin correspondant.

(**) ± erreur standard sur la moyenne.

Les observations rapportées ici représentent, pour la première fois, une traduction en termes biochimiques de phénomènes physiologiques liés à l'influence de la température sur le fonctionnement des gonades.

Ces résultats, ainsi que des observations similaires faites sur l'ovaire de Rat [5], suggèrent que les différences métaboliques essentielles existant entre l'ovaire et le testicule peuvent être dues aussi bien à une différence de température normale de fonctionnement qu'à des différences fondamentales dans leur équipement enzymatique [7].

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) C. R. MOORE, *Amer. J. Anat.*, 34, 1924, p. 269.
(2) R. T. HILL, *Endocrinology*, 21, 1937, pp. 495 et 633.
(3) M. SUAREZ-SOTO et J. LEGAULT-DEMARE, *Acta Endocrinologica*, 33, 1960, p. 444.
(4) J. LEGAULT-DEMARE, P. MAULEON et M. SUAREZ-SOTO, *Acta Endocrinologica*, 34, 1960, p. 163.
(5) D. GOSPODAROWICZ et J. LEGAULT-DEMARE, *Acta Endocrinologica* (sous presse).
(6) R. O. BRADY, *J. Biol. Chem.*, 193, 1951, p. 145.
(7) W. R. SLAUNWHITE et L. T. SAMUELS, *J. Biol. Chem.*, 220, 1956, p. 341.

(*Laboratoire de Biochimie, Fondation Curie, 26, rue d'Ulm, Paris, 5e.*)

PHYSIOLOGIE. — *Sommeil provoqué chez le Lapin par des stimulations profondes, céphaliques et cervicales.* Note (*) de MM. **Pierre-Ch. Van Reeth** et **André Capon**, transmise par M. Frédéric Bremer.

L'existence d'une relation entre les variations de la vigilance et celles de la vie végétative est suggérée par des constatations familières et expérimentales [(1), (2), (3)]. Moruzzi et ses collaborateurs (3) ont démontré d'autre part que les manifestations électrocorticographiques du sommeil font suite, chez le Chat, à la stimulation électrique de la région du noyau du faisceau solitaire. Ce noyau reçoit entre autres des influx émanant des barorécepteurs et l'on sait que la distension du sinus carotidien peut provoquer le sommeil chez le Chien [(1), (4)].

Une étude polygraphique faite sur le Lapin nous a montré que d'autres afférences à retentissements neurovégétatifs sont susceptibles d'entraîner les signes E. E. G. du sommeil en l'absence de toute baisse tensionnelle. Comme témoin de l'activité électrique cérébrale, nous avons enregistré en plus de l'électrocorticogramme, les rythmes hippocampiques qui, dans une étude préalable, s'étaient révélés l'indicateur le plus sensible du niveau vigile, capable de différencier des degrés d'activité cérébrale qui échapperaient à l'examen des tracés néocorticaux.

Les expériences ont été réalisées sur des animaux éveillés, libres de toute contrainte, porteurs d'électrodes néocorticales bipolaires vissées dans le crâne et d'électrodes hippocampiques implantées stéréotaxiquement. La pression artérielle était enregistrée par un appareil à jauge de contrainte relié à la carotide primitive par un long tube de polythène et la respiration par un pneumographe à thermistor.

Il est apparu que l'excitation du sinus carotidien par distension ou pression extérieure n'est pas la seule stimulation susceptible d'entraîner chez le Lapin la désactivation cérébrale associée au sommeil comportemental, ni même la plus efficace. D'autres manœuvres qui s'accompagnent elles aussi d'effets neurovégétatifs (bradycardie, bradypnée, hypotension) se sont avérées être régulièrement hypnogènes. La compression des globes oculaires, du cartilage thyroïde, de la trachée, de l'œsophage, du plancher buccal, de la partie antérieure de la cloison nasale, entraînent toutes ces mêmes effets à des degrés divers. La compression du larynx s'est montrée la plus efficace. Pendant ces stimulations, les tracés corticaux montrent un état de désactivation d'autant plus marqué que l'animal était moins éveillé au départ [*cf.* (5)]. Aux stades les plus vigiles, l'effet se limite à un ralentissement du rythme hippocampique d'éveil avec superposition de fréquences rapides. Chez l'animal au repos ou déjà somnolent, les signes de désactivation s'étendent au néocortex sous forme d'ondes lentes et de « fuseaux ».

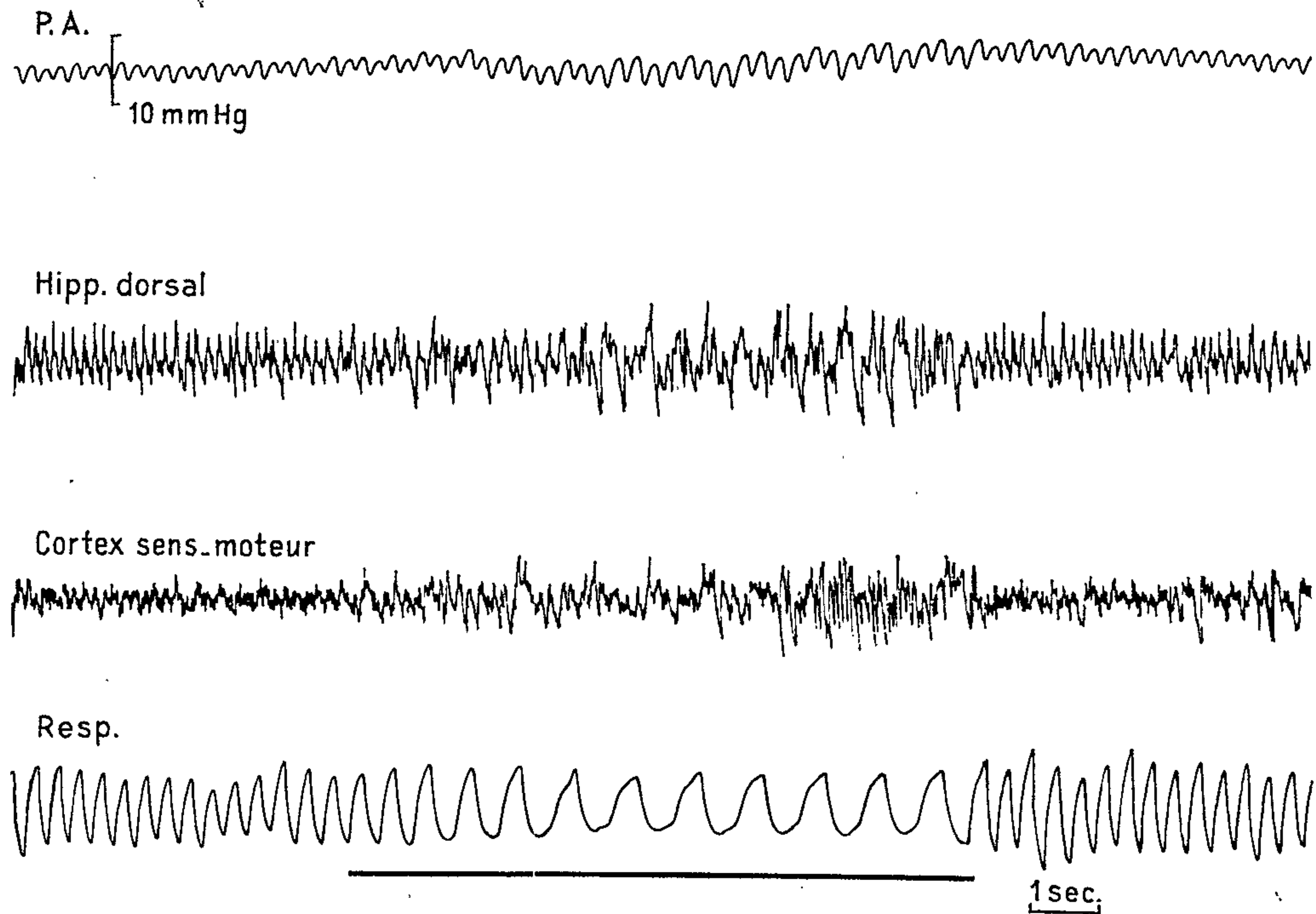


Fig. 1. — Lapin éveillé. Au signal, pression externe sur le plancher buccal. L'animal s'assoupit. Les tracés néocortical et hippocampique se désactivent et la respiration se ralentit. La baisse de la pression artérielle et la bradycardie sont peu marquées dans ce cas.

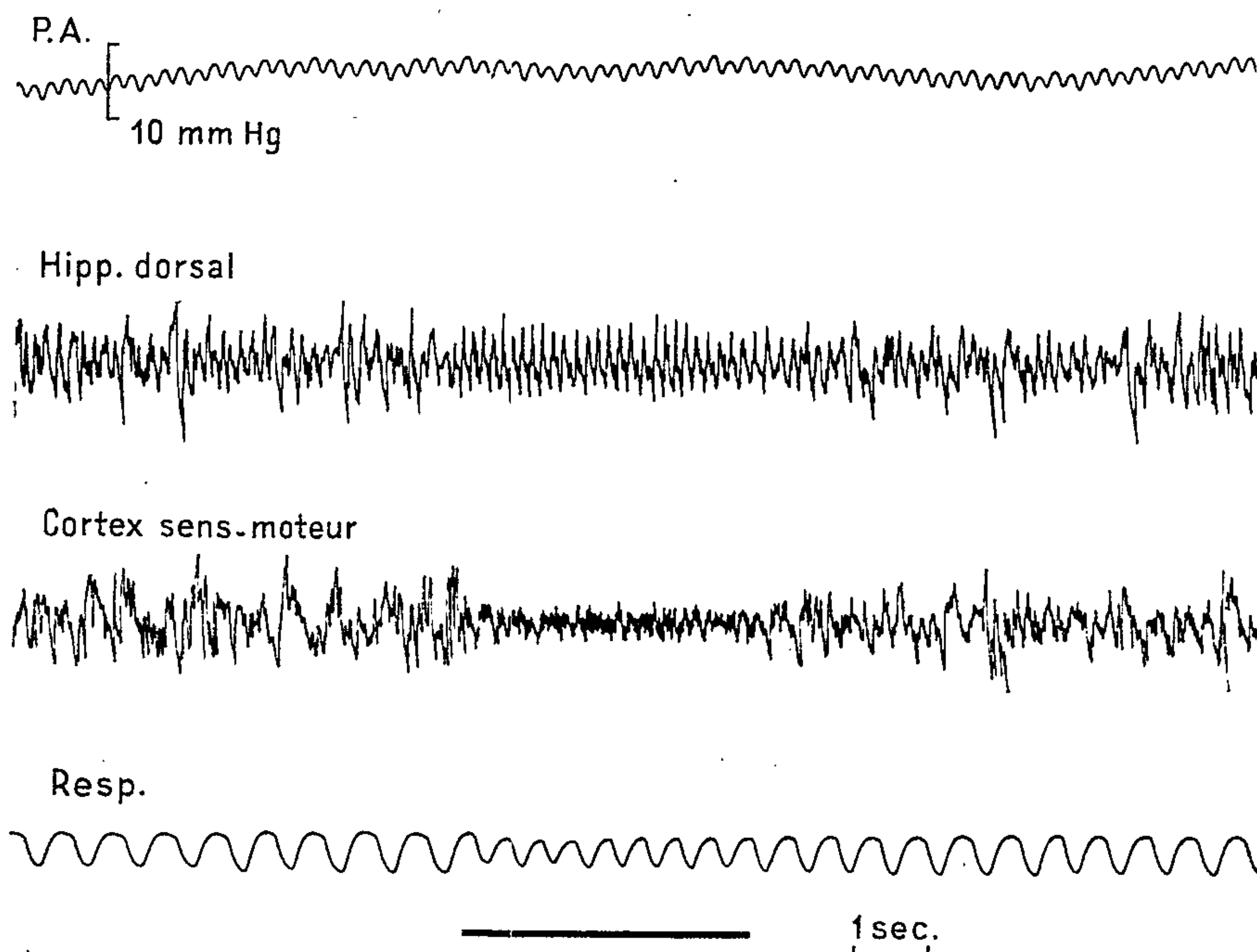


Fig. 2. — Même animal spontanément assoupi. Au signal, éveil par frôlement de la peau du dos. Les tracés néocordical et hippocampique sont activés et la respiration s'accélère. Il n'y a pas de modification de la pression artérielle ni du rythme cardiaque.

C'est au stade de repos avec niveau vigile moyen et stable que les effets de désactivation cérébrale sont les plus démonstratifs (*fig.* 1). Des signes comportementaux de sommeil (fermeture de la fente palpébrale et myosis) peuvent alors accompagner les modifications électrographiques. En tout cas, le Lapin reste immobile, ne manifestant aucune réaction de défense ou de fuite. Cet effet hypnogène des stimulations profondes du cou contraste avec l'effet d'éveil de la stimulation cutanée simple (*fig.* 2).

Les effets neurovégétatifs sont variables suivant l'intensité et l'endroit de la stimulation. La bradycardie et l'hypotension artérielle peuvent manquer ou être insignifiants (*fig.* 1), mais la bradypnée est constante et souvent importante. Elle persiste quand la trachée est canulée en dessous de l'endroit de la compression. L'observation systématique des animaux laissés à eux-mêmes a d'ailleurs montré que les variations dans les deux sens de la fréquence respiratoire sont, avec celles du rythme hippocampique, le témoin le plus fidèle des modifications spontanées de la vigilance (*fig.* 2). La désactivation cérébrale hypnique ne peut être attribuée à l'hypotension artérielle inconstante. Au surplus, la chute tensionnelle déterminée par la stimulation électrique du bout périphérique du nerf de Cyon ne s'accompagne pas de désactivation électrocorticale. D'autre part, quand une pression trop énergique atteint vraisemblablement le seuil de la douleur, la désactivation ne se produit pas non plus, alors que la chute tensionnelle est très importante.

En résumé : La stimulation mécanique, chez le Lapin éveillé, d'afférences à effet neurovégétatif, en particulier la pression sur la région laryngée, entraîne des signes électroencéphalographiques d'endormissement. Il semble s'agir d'un mécanisme réflexe dont les influx centripètes transmis par les IX, X et aussi vraisemblablement V et VII *bis* et convergeant vers le noyau du faisceau solitaire, affectent à la fois les centres végétatifs bulbaires et — dans un sens inhibiteur — les formations réticulaires ascendantes qui conditionnent l'éveil cérébral.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) M. Bonvallet, P. Dell et G. Hiebel, *E. E. G. Clin. Neurophysiol.*, 6, 1954, p. 119.
(2) A. Capon, *Arch. intern. Pharmacod.*, 127, 1960, p. 141.
(3) O. Candida, E. Favale, A. Giussani et G. F. Rossi, *Arch. ital. Biol.*, 100, 1962, p. 216.
(4) E. Koch, *Klin. Wschr.*, 12, 1932, p. 224.
(5) J. Magnes, G. Moruzzi et O. Pompeiano, *The Nature of Sleep.*, A Ciba Foundation Symposium, Churchill, Londres, 1961.

(*Laboratoire de Pathologie végétale de l'Université de Bruxelles.*)

ENDOCRINOLOGIE. — *Œstrus permanent et prolactine.*
Note (*) de M. **Pierre Ascheim**, présentée par M. Robert Courrier.

On met en évidence la sécrétion de prolactine de la part d'animaux qui n'ovulent pas grâce à un traitement révélateur permettant d'obtenir des déciduomes traumatiques : 1° chez des rattes séniles dont les pseudogestations répétées ont été transformées en œstrus permanent par la lumière continue; 2° chez des rattes âgées en œstrus permanent spontané; 3° chez des rattes adultes à la lumière continue, chez lesquelles la proportion des déciduomes obtenus augmente avec la durée de l'éclairement.

On observe parmi les rattes séniles des pseudogestations répétées dont la fréquence augmente avec l'âge et qui peuvent persister pendant le dernier tiers de leur vie ([1]). Exposés à l'éclairage continu, 14 sur 15 de ces animaux entrent en œstrus permanent, passage qui ne se voit jamais dans l'évolution spontanée de nos rattes séniles. L'ovaire et le tractus génital changent alors d'aspect comme il était prévu. Par contre, l'hypophyse sénile classique, adénomateuse, montre dans les deux cas des cellules Σ (à prolactine) actives ([2]); les glandes mammaires restent hypertrophiques et sécrétantes. Ce double aspect d'activité prolactinique se retrouve chez les rattes séniles en œstrus permanent spontané. [La glande mammaire des rattes séniles a été décrite ([3]). Nos constatations sont les mêmes; toutefois, nous voyons chez des multipares ce que ces auteurs ne trouvent que chez des nullipares.] Il nous a donc semblé légitime de chercher à mettre en évidence cette sécrétion de prolactine par l'obtention de déciduomes traumatiques comme nous l'avions fait auparavant dans le cas des pseudogrossesses répétées. Mais ici, nos conditions expérimentales étaient analogues à celles d'Everett lors du transfert de l'hypophyse de la selle turcique au rein, le jour du proœstrus. Le greffon sécrète bien de la prolactine, mais les ovaires ne contenant plus de corps jaune, l'obtention du déciduome est impossible. Il fallait donc créer chez ces rattes sans ovulation des corps jaunes que rendrait fonctionnels leur propre prolactine circulante.

Nous rapportons ici les résultats de l'injection intraveineuse de 2 μg d'hormone lutéinisante LH ([4]) dans 0,5 ml de sérum physiologique, suivie d'un traumatisme utérin 4 ou 5 jours plus tard.

1° Chez des rattes multipares séniles, en pseudogestation répétée, transformée en œstrus permanent par la lumière continue.

2° Chez des rattes multipares séniles en œstrus permanent spontané.

3° Chez des rattes vierges adultes en œstrus permanent produit par la lumière.

Tous les groupes expérimentaux sont suivis et vérifiés par des frottis vaginaux et des inspections ovariennes.

1° Six rattes Wistar, âgées de 24 à 31 mois, en pseudogestation répétée, sont soumises à un éclairage continu. Lorsqu'elles sont en œstrus permanent, elles subissent le traitement indiqué. On constate dans les six cas l'apparition de déciduomes traumatiques 4 ou 5 jours après le passage des fils.

2° Sept rattes âgées, en œstrus permanent spontané, dont cinq ayant de 26 à 29 mois (trois Wistar et deux Long-Evans) et deux Wistar de 16 à 17 mois, reçoivent le traitement révélateur. Leur œstrus permanent était suivi chez deux d'entre elles depuis 12 et 13 mois; depuis 2 à 6 semaines chez les autres. Dans les sept cas, des déciduomes ont été obtenus.

3° Vingt-sept rattes Wistar adultes vierges, âgées de 9 à 10 mois, sont soumises à l'éclairage continu. 1, 2, 3 et 4 mois après le début, le traitement révélateur est appliqué aux groupes G 1 à G 4 respectivement (tableau I). Les résultats indiquent que plus le temps d'éclairement (donc l'œstrus permanent) est long, plus le nombre de pseudogestations obtenues est élevé.

Tableau I.

	Durée de l'éclairage continu.			
	G 1 : 1 mois.	G 2 : 2 mois.	G 3 : 3 mois.	G 4 : 4 mois.
Nombre de rattes à déciduome...........	1	2	3	7
» » à corps jaunes induits...	5	5	5	9

Le tableau ne tient pas compte, pour G 1, G 2 et G 4, d'un animal par groupe réfractaire à l'injection de LH. Les rattes dont les corps jaunes produits ne sont pas fonctionnels reviennent en œstrus permanent après un ou deux cycles vaginaux. Le groupe G 4 subit, avant l'injection, l'ablation d'une glande mammaire (en sécrétion). Les sept animaux de ce groupe avec déciduome sont laissés en vie et à l'éclairage continu. Après leur pseudogestation, dont la durée varie de 15 à 22 jours, ils reviennent en œstrus permanent. Remis à la lumière ordinaire, six d'entre eux reprennent très rapidement des cycles ovulatoires vérifiés. Une deuxième glande mammaire (non sécrétoire) est alors enlevée, puis lors du proœstrus ou de l'œstrus, cinq des six animaux cycliques subissent une nouvelle injection de 2 μg de LH, en même temps que sept rattes cycliques n'ayant jamais été soumises à l'éclairage continu. Dans ces conditions, 11 fois sur 12, il n'y a pas de modification du cycle.

Commentaire. — Dans la première expérience, l'éclairage continu a détruit les corps jaunes fonctionnels et bloqué toute nouvelle ovulation. Cependant, la sécrétion de prolactine continue. La deuxième expérience porte sur un œstrus permanent qui, cette fois-ci, est spontané.

Dans ces deux cas, il est hors de doute que le traitement appliqué n'a été que révélateur et que la prolactine mise en évidence existait au préalable. La troisième expérience nécessite une discussion plus serrée. Chez la ratte adulte, il est très facile de transformer un cycle de 4 ou 5 jours

en pseudogestation. Ainsi le coït infécond, l'excitation du col utérin, des agressions diverses, l'injection de substances variées ([5]) sont efficaces, à la condition d'être pratiqués en proœstrus ou en œstrus pour agir sur un corps jaune récent. Or ici, si l'injection de LH s'accompagnait d'activités non spécifiques, ce serait avant toute formation de corps jaune puisque l'ovulation n'a lieu que 14 à 16 h plus tard. On obtient ([6]) des pseudogestations de façon plus spécifique en injectant 100 μg d'œstradiol non estérifié le jour de l'œstrus (50 % de réussites). Nous avons rapporté l'expérience-témoin, démontrant que 2 μg de LH ne libèrent pas chez des animaux cycliques une telle quantité d'œstrogène puisqu'ils ne troublent pas le cycle. L'œstrogène libéré par l'œstrus permanent à la lumière, constitue-t-il le supplément nécessaire à la mise en circulation de la prolactine ? A notre connaissance, il n'a pu être mesuré. Il semble toutefois faible, et efficace plutôt par sa sécrétion continue. Il devient alors une variable temporelle dont tient compte la troisième expérience établie en fonction du temps d'éclairement. De plus, argument important, l'examen des glandes mammaires de G 4 les montre, dans tous les cas, de type sécrétant avant tout traitement.

Peu de faits relatifs à notre sujet ont été publiés. Pfeiffer ([7]), en administrant LH à des rattes mises en œstrus permanent par l'injection à la naissance de testostérone, n'obtient que des corps jaunes cycliques, non fonctionnels. Le même résultat est publié par Dempsey ([8]) pour les rattes en œstrus permanent par éclairage continu, dont la durée n'est pas indiquée, le contexte suggérant qu'elle a été d'un mois seulement. Par contre, chez des bêtes en œstrus permanent par lésion hypothalamique, Van Dyke et coll. ([9]) estiment que les corps jaunes obtenus par les hormones lutéinisantes sont fonctionnels. Il est clair que la preuve incontestable d'une circulation de prolactine sera fournie par son dosage dans le plasma des animaux en œstrus permanent. Mais si ce fait était acquis [à ce sujet, signalons l'augmentation du taux hypophysaire de prolactine chez le canard en éclairage permanent ([10])], il ne dispenserait pas de procéder chez la ratte aux expériences que nous rapportons ici.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

([1]) P. ASCHHEIM, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1988.
([2]) P. ASCHHEIM et J. L. PASTEELS (sous presse).
([3]) J. S. HOWELL et A. M. MANDL, *J. Endocrin.*, 22, 1961, p. 241.
([4]) Hormone de lutéinisation LH (NIH-LH-SI).
([5]) W. W. SWINGLE et al., *Amer. J. Physiol.*, 167, 1951, p. 586.
([6]) J. J. ALLOITEAU, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 946.
([7]) C. A. PFEIFFER, *Anatomical Record*, 79, suppl. 2, 1941, p. 50.
([8]) E. W. DEMPSEY et H. F. SEARLES, *Endocrinology*, 32, 1943, p. 119.
([9]) D. C. VAN DYKE et al., *Proc. Soc. Exp. Biol. and Med.*, 95, 1957, p. 1.
([10]) I. ASSENMACHER et A. TIXIER-VIDAL, *C. R. Soc. Biol.* (sous presse).

(*Laboratoire d'Endocrinologie, Collège de France.*)

ENDOCRINOLOGIE. — *Influence inhibitrice de l'atropine sur le déclenchement, par le rapprochement sexuel, de la ponte ovulaire chez la Ratte mûre.* Note (*) de MM. **Claude Aron** et **Gitta Asch**, présentée par M. Robert Courrier.

La suppression, par le sulfate d'atropine, des effets ovulatoires du coït indique qu'un facteur cholinergique intervient dans le déclenchement de la ponte ovulaire par le rapprochement sexuel chez la Ratte mûre.

En des expériences antérieures menées chez la Ratte mûre, au cours même du cycle œstral, nous avons montré, avec L. Asch, que le rapprochement sexuel était susceptible de provoquer prématurément la ponte ovulaire ou la formation de corps jaunes à ovule inclus [(1), (2), (3)].

La question se posait donc de savoir si le déclenchement de ces phénomènes de lutéinisation impliquait, comme la décharge post-coïtale de gonadostimuline chez la Lapine, un relais hypothalamique.

Or on sait que le contrôle de la ponte, par l'hypothalamus, s'exerce chez la Lapine, grâce à l'action de facteurs cholinergique et adrénergique dont les effets sur la préhypophyse ont pu être supprimés par la mise en œuvre d'agents, soit vagolytiques [(4), (5)], soit sympathicolytique (6).

Aussi nous sommes-nous demandés si l'atropine serait à même d'abolir, chez la Ratte, les effets lutéinisants du rapprochement sexuel.

Conduite des expériences. — Nous avons utilisé en tout 53 rattes Wistar de notre élevage, pesant 179 ± 2,55 g (7) et présentant des cycles absolument réguliers de 4 jours.

Ces rattes ont été réparties en deux lots :

1° Un premier lot de 25 rattes-témoins a été traité selon la technique employée au cours de nos précédentes expériences (*loc. cit.*). Une injection sous-cutanée d'une dose de 10 μg d'œstradiol, destinée à susciter l'acceptation ultérieure du mâle, a été pratiquée le 1er jour du cycle, c'est-à-dire le lendemain de l'œstrus, entre 15 et 16 h. Les animaux ont été mis au mâle de 21 h, le 2e jour du cycle, à 9 h, le lendemain, c'est-à-dire le matin du proœtrus. Un frottis vaginal a été effectué à ce moment pour vérifier si le rapprochement sexuel avait eu lieu ou non. Les rattes ont été sacrifiées ce même jour du proœstrus entre 18 h 30 et 19 h 30.

2° 28 rattes d'un second lot, mises au mâle après administration de 10 μg d'œstradiol, dans des conditions chronologiques identiques à celles du groupe précédent, ont reçu, 4 h avant cette mise au mâle, c'est-à-dire à 17 h le 2e jour du cycle, une dose sous-cutanée de sulfate d'atropine égale à 70 mg pour 100 g de poids corporel (8). L'examen des frottis vaginaux et le sacrifice des animaux ont été pratiqués dans les mêmes délais que chez les rattes du premier lot.

Les ovaires et les trompes utérines de tous ces animaux ont été débités en coupes sériées, colorés à l'hématoxyline éosine et examinés histologiquement.

Résultats expérimentaux. — Nos résultats, groupés dans le tableau ci-dessous, confirment tout d'abord nos observations antérieures en montrant que, sur les 16 rattes ayant accepté le mâle à la suite de l'administration d'une dose de 10 μg d'œstradiol, 9 ont présenté prématurément des phénomènes de lutéinisation se traduisant morphologiquement, soit par des ponte ovulaires, soit par la formation de corps jaunes à ovule inclus.

Modalités expérimentales.		Nombre d'animaux.	Cas de lutéinisation.
Mise au mâle sans administration préalable d'atropine.	Acceptation	16	9
	Non acceptation....	9	0
Mise au mâle après administration d'atropine.	Acceptation	17	1
	Non acceptation....	11	0

Ils confirment également que la dose d'œstradiol utilisée pour induire l'acceptation du mâle par la femelle est dépourvue, en soi, de tout effet lutéinisant sur l'ovaire puisque aucun cas de lutéinisation n'a été observé chez les femelles ayant refusé le mâle.

Mais ils révèlent surtout que l'atropine supprime presque totalement les effets lutéinisants du coït chez la Ratte, la différence enregistrée entre la fréquence des phénomènes de lutéinisation chez les animaux soumis à l'action de l'atropine (1 cas sur 17) et celle notée chez les animaux non soumis à son action (9 cas sur 16), apparaissant statistiquement très significative ($p < 0{,}01$) ([10]).

Conclusions. — La suppression, par le sulfate d'atropine, des effets lutéinisants du coït chez la Ratte suggère l'intervention d'un facteur cholinergique dans le déclenchement des phénomènes de lutéinisation par le rapprochement sexuel chez cette espèce ([12]). Tout se passe donc, par référence aux expériences consacrées aux mécanismes impliqués dans le déclenchement post-coïtal de l'ovulation chez la Lapine (*loc. cit.*) et à celles ayant trait au déterminisme de la ponte spontanée chez la Ratte (*loc. cit.*), comme si la décharge d'hormone gonadostimulante suscitée, chez la Ratte, par le coït comportait bien un relais hypothalamique.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) CL. ARON, G. ASCH et L. ASCH, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1864.

(2) CL. ARON, G. ASCH et L. ASCH, *C. R. Soc. Biol.*, 155, 1961, p. 2173.

(3) CL. ARON, G. ASCH et L. ASCH, *Gynéc. et Obst.* (sous presse).

(4) C. H. SAWYER, J. E. MARKEE et B. F. TOWNSEND, *Endocrinol.*, 44, 1949, p. 18.

(5) M. A. FOSTER, H. F. HANEY et F. L. HISAW, *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, 32, 1934, p. 351.

(6) C. H. SAWYER, J. E. MARKEE et W. H. HOLLINSHAED, *Endocrinol.*, 41, 1947, p. 395.

(7) Erreur standard de la moyenne.

(8) Nous avons employé la dose déjà utilisée par Everett, Sawyer et Markee (9) pour bloquer l'ovulation spontanée chez la Ratte.

(9) J. W. EVERETT, C. H. SAWYER et J. E. MARKEE, *Endocrinol.*, 44, 1949, p. 234.

(10) Nous avons utilisé la méthode de Lamotte (11) pour la comparaison de pourcentages établis à partir de faibles effectifs.

(11) M. LAMOTTE, *Initiation aux méthodes statistiques en Biologie*, Masson, 1957, 92 pages.

(12) Cet effet apparaît bien spécifique, comme dans les expériences de Sawyer et coll. (*loc. cit.*), car il ne se manifeste plus lorsque l'atropine est administrée après le rapprochement sexuel (expériences inédites).

(*Institut d'Histologie, Faculté de Médecine, Strasbourg.*)

BIOLOGIE. — *Sur le prétendu mimétisme des Mantes religieuses.* Note (*) de Mme MONIQUE PASSAMA-VUILLAUME, présentée par M. Robert Courrier.

Il est classiquement admis que le dichroïsme des Mantes religieuses adultes est provoqué par un phénomène de mimétisme, or, on rencontre des individus verts et bruns souvent côte à côte, indépendamment de la couleur dominante du milieu. D'autre part, aucune des expériences faites sur les individus adultes n'a donné de résultat valable. Un seul fait me semble intéressant à noter : au moment de l'offensive du froid (fin octobre) qui réduit les femelles encore existantes quasi à la famine (les insectes dont elles se nourrissaient disparaissant en même temps que les Mantes mâles dès les premières nuits froides), les couleurs deviennent plus ternes, plus pâles, et de nombreuses Mantes vertes prennent une coloration beige vert ou même beige. Ceci est d'ailleurs en plein accord avec les résultats exposés dans ma précédente Note (1) : puisqu'il est un fait général que le milieu intérieur tend à s'acidifier vers la fin de la vie de tout être vivant, il est donc tout à fait naturel que la coloration ait tendance à ce moment-là à virer au brun.

J'ai ainsi été amenée à étudier le comportement des larves par rapport à celui des adultes. J'en ai récolté un grand nombre que j'ai élevées dans des pots en verre placés sur des surfaces entièrement brunes ou entièrement vertes.

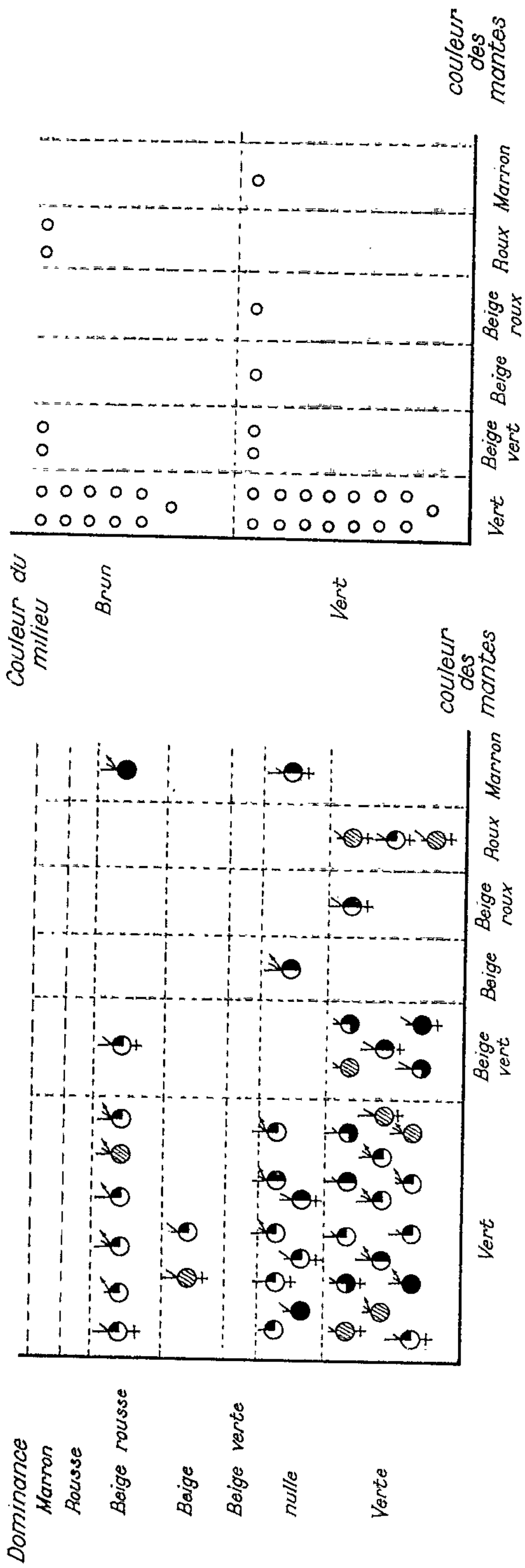
Des schémas dispersifs d'après la coloration ont été tracés en fonction de la couleur du milieu, de la couleur et du sexe des larves environnantes, des brindilles disposées à l'intérieur des pots pour servir de perchoir aux individus, du nombre de mues, et du changement de coloration en période de mue ou entre deux mues.

Plusieurs faits s'en dégagent :

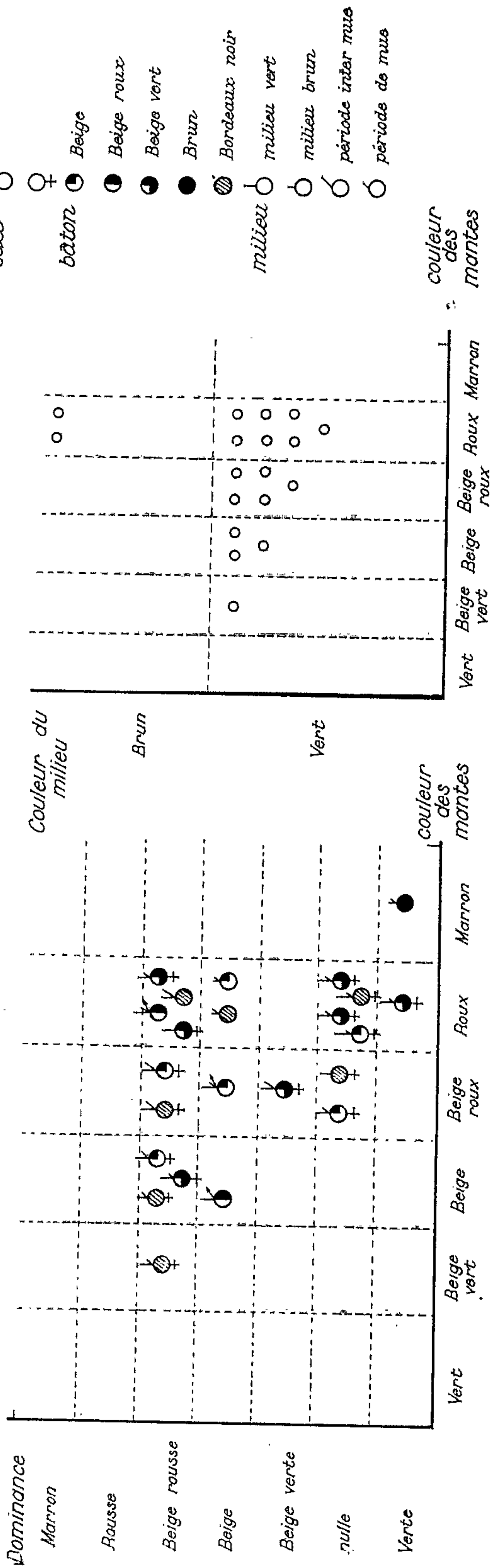
1° Il y a souvent changement de coloration entre deux mues (les mues s'effectuant tous les 15 jours environ) suivi souvent au moment de la mue suivante d'un autre changement. Exemple : une Mante verte est devenue rousse entre deux mues, puis au moment de celle-ci, a viré au beige.

Ceci semble encore appuyer l'hypothèse selon laquelle nous serions en présence chez les Mantes vertes et brunes d'un métabolisme différent, induit par la nourriture, qui provoque une différence du pH interne. Ce dernier pourrait intervenir alors sur des substances présentes dans le cerveau, les *Corpora Cardiaca* et les *Corpora Allata*, normalement inactives sur le pigment et qui en milieu acide serait transformées en substances actives provoquant l'assombrissement (3).

2° Si les larves vertes peuvent très facilement remonter la gamme des « bruns » du beige au marron, par contre, je n'ai jamais vu un seul cas de larve brune devenir verte (2). Ces dernières peuvent uniquement conduire



Mantes vertes en début d'expérimentation
Dominance
Marron
Rousse
Beige rousse
Beige
Beige verte
nulle
Verte
couleur des mantes
Vert
Beige vert
Beige
Beige roux
Roux
Marron
Couleur du milieu
Brun
Vert



LÉGENDE
sexe
bâton
Beige
Beige roux
Beige vert
Brun
Bordeaux noir
milieu
milieu vert
milieu brun
période inter mue
période de mue
couleur des mantes
Vert
Beige vert
Beige
Beige roux
Roux
Marron
Couleur du milieu
Brun
Vert
Mantes rousses en début d'expérimentation
Dominance
Marron
Rousse
Beige rousse
Beige
Beige verte
nulle
Verte

à des individus que j'ai qualifiés de beige vert, c'est-à-dire des Mantes dont la coloration beige très pâle montre cependant une légère touche générale de vert.

L'hypothèse selon laquelle la couleur verte serait la couleur primaire semble donc se révéler exacte.

3° Ces larves beige vert, soit au moment d'une mue, soit entre deux mues, reviennent la plupart du temps à leur coloration primitive « brune ».

4° Ce sont les femelles qui changent le plus facilement de couleur; les mâles, eux, ne virent pratiquement jamais.

5° Il y a autant de Mantes vertes qui sont restées vertes en milieu brun que de Mantes brunes qui sont demeurées brunes en milieu vert (les Mantes adultes beige vert ont été classées parmi les Mantes vertes).

6° Tout au plus peut-on noter une légère atténuation de la couleur marron ou rousse vers le beige sur un milieu vert et pour une dominance verte.

Conclusion. — Les diverses coloration des Mantes religieuses, pas plus à l'état larvaire qu'à l'état adulte, ne semblent être un phénomène purement mimétique.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(¹) PASSAMA-VUILLAUME, *C. R. Soc. Biol.*, 155, n° 12, 1961.

(²) S. ERGENE, *Rev. Fac. Sc. Univ. Istanbul*, (B), n° 20, 1955.

(³) M. GABE, *Ann. Biol.*, n° 30, 1954.

(*Laboratoire de Zoologie et de Biologie générale, Faculté des Sciences, Montpellier.*)

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Observations sur la maturation ovarienne du Crabe* Carcinus mænas *L. après ablation des glandes de mue chez les femelles adultes. Premiers résultats.* Note de M[lle] **Noëlle Demeusy**, présentée par M. Louis Fage.

L'ablation des organes Y chez des femelles œuvées du Crabe *Carcinus mænas* L. entraîne la maturation génitale de tous les opérés. A la même époque, les individus témoins présentent des ovaires qui se classent facilement en deux catégories : les uns restent transparents, les autres sont en cours de vitellogenèse. La maturation des opérés semble se réaliser plus rapidement que chez les témoins.

Nous avons récemment indiqué quelles sont les modifications présentées par l'ovaire du Crabe *Carcinus mænas* L., lorsque l'animal juvénile est chirurgicalement privé de ses deux glandes de mue ([1]).

De jeunes femelles, de plus de 10 mm de long, qui, par suite de l'opération, n'atteindront jamais la taille ni la morphologie adultes, sont capables cependant d'effectuer leur vitellogenèse. De plus, dans ce cas, la maturité ovarienne est atteinte plus précocement que chez les individus témoins. Cette précocité nous a semblé toutefois trop peu sensible pour pouvoir attribuer aux organes Y un principe inhibiteur de la vitellogenèse. Elle apparaît plutôt comme une conséquence de la suppression des mues, ce qui permettrait sans doute un transfert vers les ovaires des réserves nutritives normalement destinées à la croissance somatique de l'individu.

La même opération réalisée sur des femelles adultes devrait, semble-t-il, permettre de décider de la nature de cette influence. De telles femelles muent en effet beaucoup plus rarement que les individus juvéniles. Il est couramment admis que les femelles pubères de ce Crabe vivant sur nos côtes pondent une seule fois par an. Une mue a lieu après la ponte. Nos propres observations, effectuées entre autres sur des animaux conservés en élevage ([2]), sont venues confirmer ce fait. Peut-on alors, en période de repos sexuel, déclencher une vitellogenèse sans qu'elle se trouve pour autant liée à la suppression des processus de mue ? La réponse devrait être fournie en opérant en dehors de la période d'activité génitale et à une époque suffisamment éloignée de la mue.

Plusieurs séries d'ablation des glandes de mue, intéressant des femelles adultes choisies à diverses étapes de leur évolution génitale annuelle, ont été réalisées au cours de l'hiver dernier au Laboratoire de Luc-sur-Mer. La plupart des résultats obtenus sont encore trop fragmentaires pour les indiquer ici et nous nous bornerons à exposer ceux relatifs aux individus qui pondent à la fin de l'hiver.

Le 7 avril 1962, 38 femelles œuvées sont opérées. Elles sont maintenues en eau courante jusqu'en juillet et nourries régulièrement. Des témoins de même taille, dont les pontes offrent un degré de maturité comparable,

sont conservés dans les mêmes conditions. La taille et la teinte des ovocytes examinés à la fois sur les individus morts en cours d'élevage et sur les individus prélevés à des intervalles de temps croissants, nous renseignent sur l'évolution des ovaires.

Résultats. — *Un mois* après l'ablation, les ovaires des opérés présentent des signes d'évolution (augmentation de taille des ovocytes devenus translucides). On retrouve des signes identiques chez *certains* témoins, alors que *d'autres* conservent des ovaires transparents.

Deux mois après l'ablation, c'est-à-dire aux environs du 1er juin, les ovaires de tous les opérés sont orangés, donc pratiquement parvenus en fin de vitellogenèse. Ceux des témoins sont jaunes ou transparents selon les cas et l'on note l'apparition des premières mues.

Trois mois après l'ablation, en juillet, les ovaires de tous les opérés qui survivent sont orange vif. Deux modalités sont là encore observées chez les témoins : ovaires transparents non développés et ovaires orange vif.

Discussion. — La maturité génitale s'effectue chez la totalité des femelles adultes privées de leurs glandes de mue. Ce résultat est comparable à celui que nous avions obtenu chez les femelles juvéniles ([1]).

Parmi les témoins, deux cas sont observés : certains préparent une mue, mue normalement attendue après la ponte; d'autres présentent des ovaires qui subissent une nouvelle vitellogenèse. Certaines femelles de Luc-sur-Mer seraient donc vraisemblablement capables de donner deux pontes successives, *sans mue intermédiaire.* Ce fait nouveau laisse entrevoir la nécessité absolue où nous nous trouvons de connaître avec précision le cycle génital de ces femelles adultes, avant de poursuivre de telles recherches expérimentales. D'après les premières données statistiques que nous avons accumulées parallèlement à ces observations en élevage, il semble que le fait se produise également dans la nature. Remarquons que l'étude du cycle annuel de reproduction se trouve grandement facilitée dans la région de Luc-sur-Mer par la présence d'une population paraissant très bien délimitée. Il est normal d'espérer obtenir à son sujet des renseignements complets et précis.

La dualité ainsi observée dans le cycle génital des individus témoins va d'ailleurs nous permettre d'approfondir la nature des conséquences opératoires sur la physiologie ovarienne. En lui comparant l'unique réponse fournie par les opérés, il ressort que la vitellogenèse accusée par tous les opérés représente pour certains d'entre eux une maturation ovarienne imprévue, en quelque sorte une préparation à une ponte surnuméraire. Comme celle obtenue chez les femelles juvéniles, elle peut se trouver expliquée par la suppression de la mue. Pour d'autres, l'évolution génitale se serait aussi bien produite en présence des glandes de mue, ces animaux n'étant en aucune façon destinés à muer. Pour eux, l'ablation des organes Y n'a pas eu à supprimer les processus de mue. Il n'empêche cependant que leur vitellogenèse semble se réaliser plus rapidement que chez les

témoins. Elle se ferait d'ailleurs exactement selon le rythme observé chez les femelles opérées à l'état juvénile ([1]).

Des recherches nouvelles, permettant de suivre l'évolution génitale de chacun des individus au cours des mois post-opératoires, sont évidemment souhaitables.

Il serait intéressant en particulier de savoir, si non seulement l'évolution ovarienne est accélérée chez les opérés, mais encore si elle peut débuter à une époque ne coïncidant pas nécessairement avec une période de maturité chez certains animaux normaux, comme c'est le cas présent. Alors elle pourrait apparaître comme une action particulière de l'organe Y.

([1]) N. Demeusy, *Cahiers de Biologie marine*, 3, 1962, p. 37-56.
([2]) N. Demeusy, *Arch. Zool. exp. gén.*, 95, n° 3, 1958, p. 253-491.

(*Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences, Caen.*)

BIOLOGIE MARINE. — *Le développement larvaire de* Protodrilus chætifer *Remane (Archiannélides).* Note de M[lle] **Claude Jouin**, présentée par M. Louis Fage.

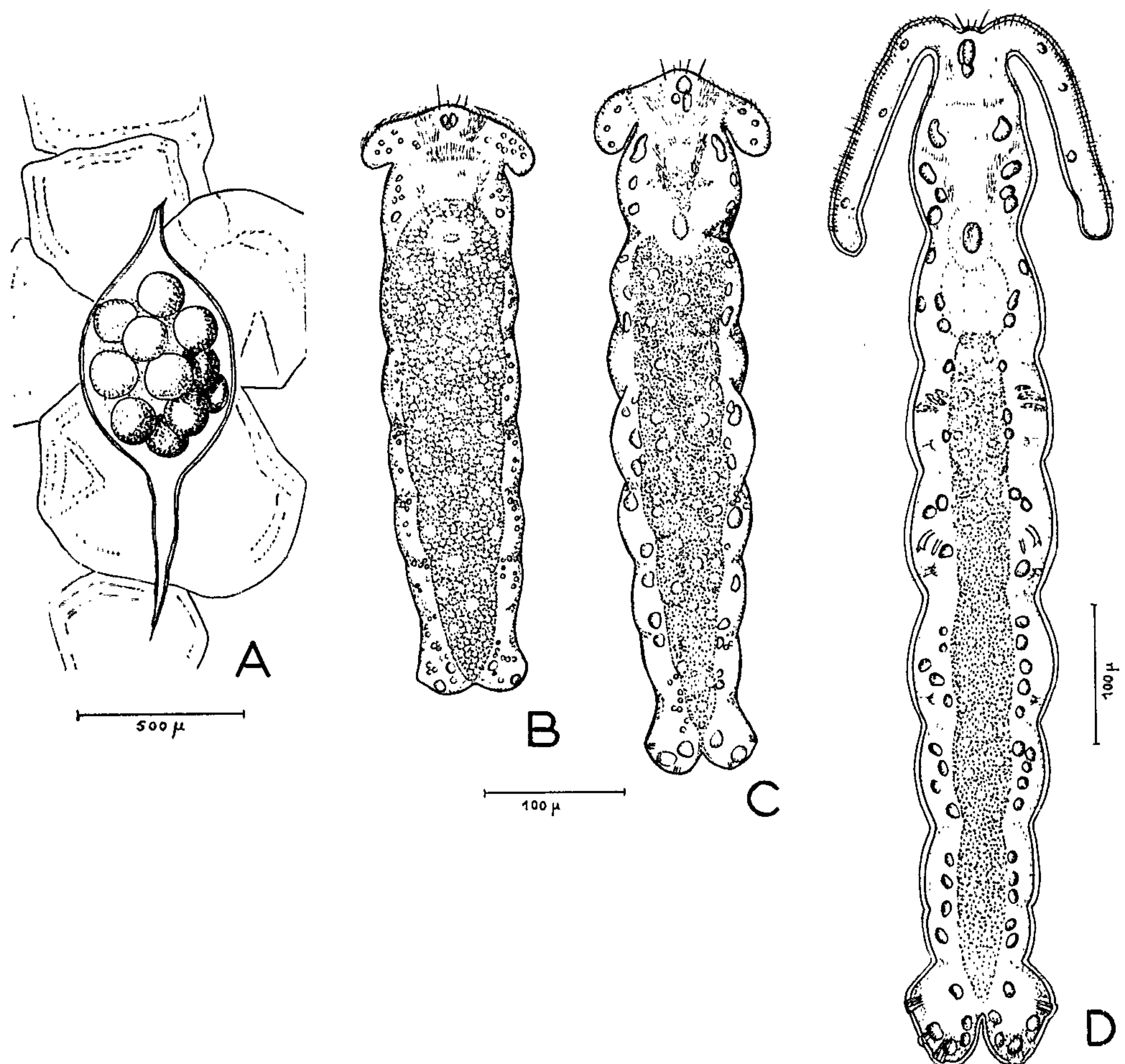
Protodrilus chætifer Remane, espèce nouvelle pour les côtes françaises, se rencontre à Roscoff dans un sable de type dunaire, pur et bien aéré, au niveau des basses mers de moyennes vives eaux, mais aussi dans un sable dragué par 20 m de fond (dune du Rater, dune des Trépieds). Le développement larvaire de *Pr. chætifer* décrit ici pour la première fois est de type benthique. Ce même type de développement existe chez *Pr. symbioticus* Giard et favoriserait le maintien de cette espèce à des niveaux relativement élevés de la zone des marées à Roscoff [Swedmark ([1])]. Toutes les autres espèces du genre *Protodrilus* dont le développement a été étudié ont une phase larvaire pélagique : Jägersten ([2]) a souligné les particularités morphologiques de ces larves pélagiques très spécialisées.

La période de reproduction de *Pr. chætifer* semble s'étendre sur toute l'année à Roscoff avec, cependant, un maximum de fréquence des individus fertiles en été. Des cocons de ponte ont été obtenus en élevage à partir de femelles isolées; collés à quelques grains de sable (*fig.* 1, A), ils sont transparents, incolores et se caractérisent par la présence d'un prolongement effilé, creux et relativement long; ils mesurent dans leur partie ovoïde pleine environ 0,7 × 0,4 mm, mais leur taille peut varier selon le nombre d'œufs qu'ils contiennent. Les cocons trouvés dans la nature diffèrent des cocons d'élevage par leur forme plus irrégulière, contournée entre les grains de sable et par une légère teinte brun rouge; le prolongement effilé, par contre, semble être une caractéristique constante. Les œufs, dispersés à l'intérieur du cocon, sont opaques et d'un blanc pur; ils atteignent 140 à 150 μ de diamètre et leur nombre varie le plus souvent entre 10 et 17. Le stade de l'éclosion est difficile à préciser : les cocons gardés en élevage ont montré que les jeunes *Pr. chætifer* peuvent y prolonger leur séjour jusqu'à un stade très avancé de leur développement (32 jours et sans doute davantage). Mais dans la nature, les pressions internes qui s'exercent dans le sédiment favorisent probablement la sortie des jeunes larves; l'expérience montre que des larves âgées de 15 jours, expulsées par pression sur le cocon, poursuivent normalement leur développement au contact des grains de sable.

Le développement larvaire à une température voisine de 15° se déroule de la façon suivante : 4 jours après la ponte, les embryons ciliés tournent lentement dans le cocon; on peut distinguer une face dorsale et une face ventrale où une petite dépression arquée est visible. Les larves blanches et opaques, bourrées de vitellus, s'allongent progressivement pendant les

jours qui suivent et continuent à tourner à l'intérieur du cocon. A 13 jours, elles atteignent environ 350 μ de long; une fine ciliature est visible sur la face dorsale de la région antérieure ainsi que ventralement où le sillon médian est formé.

Au 15e jour, les tentacules céphaliques apparaissent à l'extrémité antérieure sous forme de petits bourgeons latéraux. Les lobes pygidiaux portent quelques glandes adhésives déjà efficaces contre la paroi du cocon.



La bouche et l'anus sont formés, mais une masse très importante de vitellus emplit encore l'intérieur du corps. Dès ce stade, la jeune larve peut poursuivre son développement sans protection dans le milieu extérieur; expulsée du cocon, elle se contorsionne faiblement et recherche le contact des grains de sable contre lesquels elle demeure alors à peu près immobile.

Chez la jeune larve de 18 jours (*fig.* 1, B), les ébauches de tentacules portent une frange de cils fins et courts, et sur la face dorsale de la région antérieure, les différentes zones ciliées ont déjà la disposition qu'elles

auront chez l'adulte; des inclusions jaune vert sont visibles notamment entre les tentacules céphaliques et sur les lobes pygidiaux. Une mince cuticule recouvre tout l'épiderme.

A 20 jours (*fig.* 1, C), la segmentation du corps s'ébauche, marquée par six constrictions : en arrière de la région préorale, nettement séparée du reste du corps, on distingue six segments larvaires et les lobes pygidiaux portant chacun deux groupes de glandes adhésives. L'œsophage commence à se différencier, mais la masse vitelline occupe encore largement l'intérieur du corps. Dans l'épiderme, les inclusions vertes sont maintenant nombreuses.

Le premier stade juvénile est réalisé au 25e jour (*fig.* 1, D). Le jeune *Pr. chætifer* atteint alors environ 0,8 mm. La région préorale porte deux tentacules allongés et rapprochés l'un de l'autre comme chez l'adulte. Le segment suivant, débarrassé des réserves vitellines, correspond aux régions œsophagienne et pharyngienne en pleine différenciation : ce segment se fusionnera à la région préorale pour former la tête. En arrière de celle-ci, on compte à ce stade cinq segments larvaires et l'ébauche d'un sixième dans la zone prépygidiale.

Les premières soies commencent à apparaître à ce stade : il n'y a d'abord qu'un seul segment sétigère, qui est le deuxième segment (le premier ne l'étant jamais); deux paires de soies y sont visibles : les soies dorsolatérales étant plus précoces que les ventro-latérales; une fois achevées, les soies seront identiques à celles de l'adulte.

La morphologie générale du jeune à ce stade et son comportement sont très comparables à ceux de l'adulte : la musculature longitudinale très développée permet un allongement remarquable du corps dans la locomotion ou au contraire une rétraction et un enroulement rapide lorsque l'animal est inquiété.

Six jours après ce premier stade juvénile, la constriction séparant la région préorale de la région pharyngienne s'est atténuée, de sorte que dès maintenant, la tête est formée telle qu'elle apparaît chez l'adulte. Les segments 3 et 4 sont devenus sétigères. Il y a au total six segments et l'ébauche d'un septième dans la zone prépygidiale.

Dès le premier stade juvénile, la croissance prépygidiale produit de nouveaux segments qui, à une certaine distance de la zone de bourgeonnement, deviendront sétigères.

A l'intérieur du genre *Protodrilus*, les développements directs des deux espèces *Pr. symbioticus* et *Pr. chætifer* apparaissent comme des exceptions marquantes; le rapprochement de ces deux espèces très voisines dans leur morphologie et dans leur biologie est en cours d'étude.

(*) Séance du 19 novembre 1962.
(1) *Arkiv. för Zoologi*, 2, VI, 1954, p. 511.
(2) *Zool. Bidrag Uppsala*, 29, 1952, p. 427.

(*Station Biologique de Roscoff* et *Laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Paris.*)

GÉNÉTIQUE. — *Sur la descendance de femelles tétraploïdes croisées avec des mâles diploïdes, chez l'Amphibien Urodèle,* Pleurodeles waltlii. Note (*) de M. **Jean-Claude Beetschen** (1), transmise par M. Albert Vandel.

La majorité des individus obtenus sont triploïdes ou approximativement triploïdes ($3n \pm 1$).

Chez l'Axolotl, Humphrey et Fankhauser (2) ont, pour la première fois chez un Vertébré, obtenu une descendance triploïde abondante à partir de croisements du type ♀ $4n$ × ♂ $2n$. Les ♀♀ $4n$ provenaient elles-mêmes de croisements ♀ $3n$ × ♂ $2n$, l'avortement de la méïose chez certains ovocytes triploïdes ayant entraîné la persistance de $3n$ chromosomes dans les ovotides correspondantes. Par la suite, sept générations de femelles alternativement $3n$ et $4n$ ont été obtenues au total (3), mais toujours par croisement avec des mâles $2n$, étant donné la stérilité des ♂♂ $3n$ et l'absence de ♂♂ $4n$.

Chez le Pleurodèle, les croisements initiaux du type ♀ $3n$ × ♂ $2n$ [(4), (5), (6)], n'ont encore donné qu'un très petit nombre d'individus tétraploïdes ($4n = 48$), l'avortement de la méïose étant moins fréquent que chez l'Axolotl. Nous n'avons obtenu que quatre ♀♀ $4n$, à partir de 3179 œufs provenant de huit pontes issues de cinq ♀♀ $3n$ différentes (6). Deux de ces ♀♀ $4n$ sont parvenues à la maturité sexuelle au début de 1962, à l'âge de 22 mois, et ont été croisées chacune avec un mâle diploïde. Les résultats des deux croisements sont indiqués dans le tableau I.

Tableau I.

Résultats numériques de deux croisements ♀ $4n$ × ♂ $2n$.

♀ $4n$.	Date.	Nombre d'œufs pondus (100 %).	Embryons au stade 22 (*). Nombre.	%.	Larves à l'éclosion. Nombre.	%.	Individus métamorphosés. Nombre.	% (**).
60-3	12 févr. 1962	235	208	88,5	194	82,5	119	61,3
60-2	3 mars 1962	246	214	87	168	68,2	69	41
Total		481	422	87,7	362	75,2	188	51,9

(*) Début des stades du bourgeon caudal selon la table chronologique de Gallien et Durocher (7).

(**) Par rapport au nombre de larves écloses.

Tous les individus viables issus du premier croisement (♀ 60-3) ont été élevés isolément, au moins jusqu'à la métamorphose. Ceux du deuxième croisement (♀ 60-2) ont été groupés au début, ce qui suffit à expliquer l'accroissement de la mortalité larvaire dans ce cas.

L'analyse des formules chromosomiques des larves a été faite sur les extrémités caudales après coloration de Feulgen, selon notre technique habituelle (5). Cependant, les numérations ont été souvent facilitées en traitant les extrémités sectionnées, avant de les fixer, par une solution

de hyaluronidase testiculaire Choay dans l'eau distillée (125 U. I./ml) pendant 30 mn ([7]). Ainsi, l'écartement des chromosomes à la prémétaphase est souvent fortement accru. Ceci a permis des dénombrements absolument précis dans les cas où, comme chez l'Axolotl, le nombre triploïde de chromosomes n'est pas exactement réalisé dans le zygote, sans doute par suite du comportement anormal d'un multivalent à la méïose ovocytaire. C'est ainsi que des larves à 35 chromosomes seulement ont été distinguées avec certitude des individus exactement triploïdes, plusieurs mitoses ayant été souvent analysées avec précision chez la même larve. Il en est de même pour les individus à 37 chromosomes. D'autres numérations restent imprécises à un élément près (tableau II).

TABLEAU II.

Répartition des nombres chromosomiques chez les 194 individus issus du croisement ♀ $4n$ (60-3) × ♂ $2n$.

		Nombre de chromosomes.													
		Exact ou à un près.												Non déterminé avec précision	
		32.	33.	33/34.	34.	34/35.	35.	35/36.	36.	36/37.	37.	37/38.	38.	« $\neq 3n$ » (*).	« Indéterminé » (**).
Nombre d'individus.	Viables après l'éclosion.....	–	1	2	2	–	8	12	15	4	2	1	–	59	35
	Hypomorphes...	1	–	–	1	1	3	5	–	2	1	1	1	–	37
	TOTAL...	1	1	2	3	1	11	17	15	6	3	2	1	59	72

(*) Individus ayant présenté une croissance normale, même après la métamorphose, et semblables en cela aux individus triploïdes ($3n = 36$).

(**) Individus très probablement aneuploïdes ayant présenté, soit des hypomorphoses au stade de l'éclosion, soit une croissance ultérieure anormale et semblables en cela à certains animaux dont l'aneuploïdie a été établie avec précision.

Cependant, dans un grand nombre de cas, les mitoses n'ont pas été analysées avec cette précision, étant trop rares ou encore trop tassées. Comme les noyaux interphasiques ont toujours une taille moyenne sensiblement triploïde, nous avons séparé en deux groupes les individus correspondants d'après les critères indiqués au bas du tableau II.

Dans le deuxième groupe se trouvent un grand nombre d'individus à hypomorphoses céphaliques qui n'ont pas dépassé le stade de l'éclosion. Aucun individu exactement triploïde n'a pu être décelé avec certitude chez les autres larves hypomorphes, mais, par contre, plusieurs formules nettement aneuploïdes y ont été trouvées. Les individus les plus fortement hypo- ou hypertriploïdes n'étaient pas viables (32, 38 chromosomes). D'autres aneuploïdes ont vécu quelques semaines; certains sont morts en achevant leur métamorphose, qui a pu être retardée de plusieurs semaines par rapport à celle des individus triploïdes, survenue en général dès la fin du 4e mois. Un individu à 33/34 chromosomes est mort à 8 mois sans avoir pu achever sa métamorphose. Parmi les individus à 35 chromosomes,

trois étaient déjà hypomorphes et non viables; quatre autres sont morts pendant la vie larvaire ou à la métamorphose, un s'est métamorphosé avec du retard, trois autres enfin se sont comportés normalement, comme les individus triploïdes. Ces différences proviennent sans doute de la nature du chromosome manquant.

L'ensemble de ces résultats confirme, une fois de plus, le rôle joué par l'équilibre interne de la formule chromosomique dans la réalisation d'un phénotype normal.

En résumé, les croisements $4n \times 2n$ que nous avons réalisés constituent le deuxième exemple de tels croisements chez les Urodèles. Ils donnent naissance à un grand nombre d'individus sensiblement triploïdes qui, parvenus à l'âge adulte, permettront d'étendre les recherches entreprises sur l'aneuploïdie obtenue par les croisements de type $3n \times 2n$ et $3n \times 3n$ [(4), (5), (6)].

L'absence de mâles tétraploïdes ne permet pas d'envisager pour le moment la création d'une race tétraploïde d'Urodèles.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) Avec la collaboration technique de Mmes Simone Boutibou et Alice Sassus.

(2) R. R. Humphrey et G. Fankhauser, *J. Hered.*, 40, 1949, p. 17.

(3) G. Fankhauser et R. R. Humphrey, *J. Exp. Zool.*, 142, 1959, p. 379.

(4) L. Gallien et J. C. Beetschen, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 3618.

(5) J. C. Beetschen, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 94, 1960, p. 12.

(6) J. C. Beetschen et S. Payet, *Experientia*, 18, 1962, p. 356.

(7) G. J. Marshall, E. M. Wood et H. R. Bierman, *Exp. Cell. Res.*, 23, 1961, p. 176.

(8) L. Gallien et M. Durocher, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 91, 1957, p. 97.

(*Laboratoire de Biologie générale, Faculté des Sciences, Toulouse.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la structure des glycoprotéides. Études cinétiques de l'hydrolyse chimique de l'ovomucoïde.* Note (*) de M. **Jean Montreuil** et Mlle **Arlette Chosson** ([1]), présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les auteurs ont étudié la cinétique de l'hydrolyse de l'ovomucoïde par différents agents chimiques. Les acides dilués libèrent essentiellement des oses, tandis que les résines polystyrène sulfonées fournissent des quantités élevées d'oligo- et de polyosides. Dans tous les cas, l'acide sialique, le galactose et une partie de la N-acétylglucosamine apparaissent dès le début de l'hydrolyse. Le reste de l'acétyl-glucosamine et le mannose font partie de la fraction plus stable de la molécule.

Nous avons entrepris d'explorer la structure de l'ovomucoïde, qui représente le matériel de choix pour ce genre de recherche. Sa préparation, en effet, est simple et on l'obtient en grande quantité par la méthode de Fredericq et Deutsch ([2]). En outre, il est riche en glucides (9,1 % d'oses, 15 % d'osamines et 1,1 % d'acide sialique) et sa composition est relativement simple : galactose, mannose, N-acétylglucosamine et acide N-acétyl-neuraminique dans les proportions molaires 1 : 4 : 8 : 0,33, soit, respectivement, 3 : 12 : 24 : 1 moles par molécule d'ovomucoïde de P. M. 28 800 ([2]).

Dans une première série de recherches, nous nous sommes attachés à l'étude de la structure du groupement polyosidique. Nous rapportons, dans la présente Note, les résultats des études cinétiques de l'hydrolyse de l'ovomucoïde par différents agents chimiques, que nous avons réalisées afin de déterminer les positions relatives des différents oses et de préciser les meilleures conditions d'hydrolyse pour obtenir en grande quantité de nombreux polyosides.

Le mode opératoire est le suivant :

Nous avons effectué des hydrolyses de l'ovomucoïde à 80 ou 100°C pendant des temps variant de 1 mn à 8 h avec les agents d'hydrolyse suivants : HCl à pH 1,6; HCl 0,1 N, 1 N et 2 N; SO_4H_2 0,1 N et 0,5 N; Dowex 50 × 8 (forme acide). La fraction dialysable des hydrolysats acides a ensuite été purifiée par un passage sur des colonnes de Dowex 50 × 8 et de Duolite A 40, concentrée et soumise à la chromatographie sur papier. La fraction dialysable des hydrolysats effectués avec l'échangeur de cations a été soumise à l'analyse chromatographique sans purification préalable.

Les résultats peuvent se résumer ainsi :

1. Comme dans le cas de nombreux glycoprotéides, les liaisons « sialyl » sont hydrolysées sélectivement par l'acide sulfurique 0,1 N à 80°C.

2. Quel que soit le type d'hydrolyse effectuée à 100°C, le galactose apparaît le premier sur les chromatogrammes, suivi rapidement par la N-acétylglucosamine. Le mannose est libéré beaucoup plus tardivement (60 mn après le début de l'hydrolyse dans le cas de l'acide chlorhydrique 0,1 N).

3. Au fur et à mesure que l'hydrolyse se poursuit, la fraction adialysable s'appauvrit en galactose et en glucosamine. Après un temps variable

suivant les conditions de l'hydrolyse, elle ne contient plus que du mannose et de la N-acétylglucosamine (rapport glucosamine/mannose : 1 à 1,5, suivant le type d'hydrolyse).

4. L'hydrolyse acide libère principalement des oses et peu d'oligosides (de 1 à 3). Parmi ceux-ci, la N-acétyllactosamine apparaît seule *dès le début* de l'action des acides. L'existence, dans la partie supérieure du chromatogramme, d'une « traînée » de polyosides confirme que l'hydrolyse acide dégrade progressivement la fraction glucidique.

5. L'hydrolyse par la résine polystyrène sulfonée (Dowex 50) donne des résultats identiques en ce qui concerne les oses, mais fournit en quantité élevée de nombreux oligo- et polyosides. Nous en avons jusqu'à présent isolé environ 20 et, dans la plupart d'entre eux, la N-acétylglucosamine porte le groupement réducteur. Parmi ces polyosides, la N-acétyllactosamine (Oside I) (3) et le galactosido-mannose (Oside II) (3) apparaissent dès le début de l'hydrolyse.

Nos conclusions sont les suivantes :

1. L'hydrolyse acide dégrade progressivement les mucopolyosides en libérant préférentiellement des oses. Elle représente donc la méthode de choix pour déterminer les positions relatives des oses dans les molécules mucopolyosidiques. Au contraire, l'emploi des résines sulfonées, qui coupent préférentiellement les liaisons N-acétylglucosaminidiques, permet d'obtenir de nombreux oligo- et polyosides et d'explorer la structure intime des molécules de mucopolyosides.

2. Apparaissant dès le début de l'hydrolyse, l'acide sialique, le galactose et une fraction importante de la N-acétylglucosamine se trouvent en position « externe » par rapport à un « noyau » plus résistant composé de mannose et de N-acétylglucosamine.

On peut donc admettre que le schéma général de la molécule polyosidique (ou des unités polyosidiques) de l'ovomucoïde est le suivant : sur une fraction polyosidique riche en mannose et en N-acétylglucosamine se grefferaient des chaînes osidiques riches en N-acétylosamines et débutant par une molécule de galactose. L'une d'elles commencerait par la séquence Galp-β-1 → 4 Gl cNHAc (N-acétyllactosamine) (4) ou N-acétylneuraminyl → Galp-β-1 → 4 Glc NHAc et serait, dans ce dernier cas, identique à la séquence caractérisée par Eylar et Jeanloz dans l'orosomucoïde (5) et par Jourdian et coll. dans un nucléotide de transfert (6). Une autre débuterait par la séquence N-acétylneuraminyl → Gal → Man ou Gal → Man.

(*) Séance du 19 novembre 1962.
(1) Avec la collaboration technique de Mlle Nelly Scheppler.
(2) E. Fredericq et H. F. Deutsch, *J. Biol. Chem.*, 181, 1949, p. 499.
(3) A. Chosson, J. Montreuil et N. Scheppler, *Comptes rendus*, 255, 1962, (à paraître).
(5) E. H. Eylar et R. W. Jeanloz, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 1021.
(6) G. W. Jourdian, F. Shimizu et S. Roseman, *Fed. Proc.*, 20, 1961, p. 161.
(4) Galp, galactopyrannose; Gal, galactose; Man, mannose; Glc NHAc, N-acétylglucosamine.

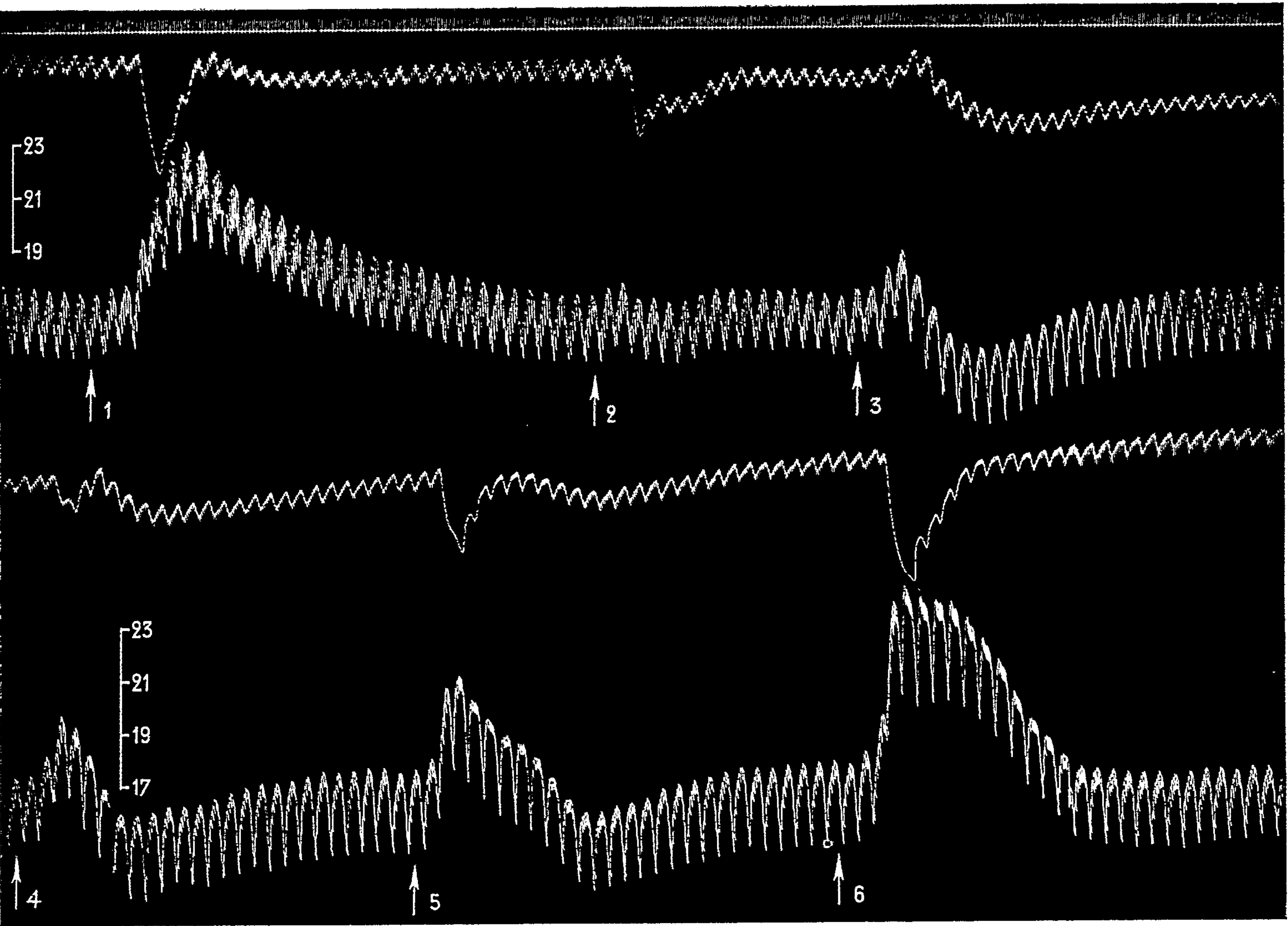
(*Laboratoire de Chimie biologique, Faculté des Sciences, 23, rue Gosselet, Lille.*)

PHARMACOLOGIE. — *Influence d'une dose d'acide yohimbique très faiblement supérieure à celle qui est nécessaire pour inverser l'action hypertensive d'une quantité moyenne d'adrénaline, sur les effets tenseurs de quantités progressivement croissantes de cette dernière.* Note (*) de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. René Souèges.

Nous avons montré précédemment ([1]) que si, à un chien qui a été soumis à l'action d'une dose d'un sympathicolytique yohimbinique très supérieure à celle qui suffit à inverser l'hypertension produite par une quantité moyenne d'adrénaline, on injecte des quantités progressivement croissantes de cette dernière, chacune de ces injections n'étant pratiquée qu'après le retour de la pression à son niveau initial, on constate que les premières de ces injections sont suivies d'une hypotension de plus en plus forte, que les suivantes entraînent une hypotension de moins en moins marquée, enfin que les plus élevées provoquent dans une première phase une forte hypertension, dans une seconde une forte hypotension. Nous en avons déduit que, chez le chien soumis à l'action d'une forte quantité d'un sympathicolytique yohimbinique, des doses croissantes d'adrénaline reproduisent exactement les effets tenseurs de doses croissantes de N-éthyl-noradrénaline.

Nous nous proposons aujourd'hui de faire connaître les effets tenseurs de doses croissantes d'adrénaline chez le chien qui a été soumis à l'action d'une dose d'un sympathicolytique yohimbinique très faiblement supérieure à celle qui entraîne l'inversion d'une dose moyenne d'adrénaline.

Dans l'expérience qui a fourni le tracé ci-joint, 0,004 mg d'adrénaline avait initialement élevé la pression artérielle de 174 à 232, soit de 58 mm de mercure et produit une hypertension dont l'aire mesurée par notre méthode ([2]) était de 837 mm². Après injection de 0,20 mg d'acide yohimbique par kilogramme, la même dose d'adrénaline qu'initialement a haussé la pression artérielle de 172 à 187 puis l'a fait descendre à 149 mm de mercure. L'inversion était ici extrêmement nette car l'aire d'hypotension était près de 4 fois plus forte que l'aire d'hypertension, exactement 3,8 fois : 188 mm² au lieu de 49 mm². L'injection d'une dose double d'adrénaline après, avoir fait monter la pression artérielle de 25 mm, l'abaissa de 23 mm mais l'aire d'hypotension fut ici encore très nettement supérieure à l'aire d'hypertension : 119 au lieu de 78. L'injection d'une dose quadruple d'adrénaline (0,016 mg) entraîna une hypertension de 37 mm et une hypotension de 15 mm, l'aire d'hypertension étant ici à peu près égale à l'aire d'hypotension : (181 mm² au lieu de 186 mm²). Enfin, l'injection d'une dose d'adrénaline 8 fois supérieure à la dose initiale (0,032 mg)



Chien de 7 kg anesthésié par le chloralose (12 cg par kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e et 4e lignes : oncogramme; 3e et 5e lignes : tensiogramme carotidien. On a injecté dans la saphène en 1 et en 3 : 0,004 mg; en 4 : 0,008 mg; en 5 : 0,016 mg; en 6 : 0,032 mg de bitartrate d'adrénaline pure de Höchst; en 2 1,40 mg d'acide yohimbique pur dissous dans 1,40 ml d'eau acidulée par de l'acide chlorhydrique dilué. (Tracé réduit de 20 %).

éleva la pression artérielle de 67 mm de mercure et ne l'abaissa que de 5 mm de mercure, l'aire d'hypertension étant ici de 733 mm^2 et celle d'hypotension de 43 mm^2.

De cette expérience confirmée par d'autres on peut déduire que :

1° Si l'on injecte des quantités progressivement croissantes d'adrénaline à un chien qui a reçu une dose d'acide yohimbique — ou d'un autre sympathicolytique du même groupe — à peine supérieure à celle qui fait apparaître l'inversion de l'hypertension produite par une dose moyenne d'adrénaline, on obtient après chaque injection des hypertensions de plus en plus fortes et des hypotensions de plus en plus faibles.

2° Chez un tel chien l'injection d'une dose d'adrénaline 8 fois supérieure à la dose d'adrénaline employée initialement, a élevé davantage la pression artérielle que ne l'avait fait cette dose initiale chez le chien normal. Mais bien que la vasoconstriction rénale soit plus marquée dans le premier cas que dans le second, l'aire d'hypertension est plus faible dans celui-là que dans celui-ci, ce qui s'explique parce que la pression artérielle s'y élève brusquement et s'y abaisse plus rapidement. Tout se passe ici comme si sous l'influence d'une dose appropriée du sympathicolytique choisi les mécanismes adrénalino-sensibles étaient plus rapidement atteints par l'adrénaline — à une dose convenable —, mais cessaient plus tôt d'y réagir.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) RAYMOND-HAMET, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 2120; 251, 1960, p. 1314.

(2) RAYMOND-HAMET, *Détermination du groupement chimique responsable de l'activité sympathicolytique de la yohimbine*, (*Thèse Doct. Sc.*, Paris).

VIROLOGIE. — *Essais de biosynthèse enzymatique* in vitro *du pouvoir infectieux du virus de la Mosaïque du Tabac.* Note (*) de M. **Pierre Cornuet** et Mme **Suzanne Astier-Manifacier** ([1]), présentée par M. Maurice Lemoigne.

Nous avons montré précédemment [([2]), ([3])] que les noyaux isolés de Tabac et incubés en présence des quatre nucléosides triphosphates constituaient un milieu permettant la synthèse de l'acide ribonucléique (RNA) du virus de la Mosaïque du Tabac. Diverses publications récentes [Wildman et coll. ([4]), Cochram et coll. [([5]), ([6])], Schramm et coll. ([7])] ont fait état de recherches parallèles et du bien-fondé de cette voie.

La présente Note concerne l'isolement et la purification partielle, à partir de noyaux de tabacs infectés, d'un système enzymatique ou d'un groupe de systèmes agissant en « polymérase » qui effectue *in vitro* la réplication du RNA infectieux en présence des quatre nucléosides triphosphates et d'un modèle de RNA infectieux.

L'activité biosynthétique des noyaux infectés et des extraits de noyaux après rupture est très difficile à mettre en évidence en raison d'une intense activité ribonucléasique. Même lavés 10 fois dans des solutions sucrées, les noyaux libèrent encore des ribonucléases; on peut le vérifier en étalant une suspension de noyaux sur lame à la gélatine ribonucléique et en colorant au bleu de toluidine.

Les essais de blocage de la ribonucléase par Cl_2Mg 0,005 M, par la bentonite ou la protection du RNA par la protéine native du virus, sont insuffisants ou incontrôlables, il nous est donc apparu que la seule façon de mettre en évidence l'existence d'un tel système était d'en faire une purification partielle en essayant par approche des techniques voisines de celles utilisées pour la polynucléotide phosphorylase par Littauer et Kornberg ([8]) ou pour l'acide ribonucléique polymérase par Hurwitz ([9]).

Toutes les feuilles de Tabacs *Samsun* à infection généralisée ou *Xanthi* à infection locale sont inoculées sur toute leur surface avec une suspension riche en virus, puis lavées. Les plantes sont placées en lumière continue à 25°C pendant 40 h. Les feuilles sont râpées et les noyaux isolés par centrifugation comme décrit précédemment [([1]), ([2])]. On ajoute 5 ml de tampon TRIS 0, 01 M pH 7,5, Cl_2Mg 0,005 M et 500 mg d'alumine L.K.B. 3314-P au dernier culot de centrifugation qui contient les noyaux provenant de 500 g de feuilles fraîches. Après congélation à — 15°C, on broie au mortier à 0°C, toutes les opérations suivantes seront effectuées au voisinage de cette température. Le broyat est amené à 90 ml avec le tampon précédent, on centrifuge 15 mn à 5 000 g, le surnageant constitue la fraction I, le culot Ic est conservé pour être ultérieurement réextrait. Le surnageant I est ultracentrifugé 90 mn à 78 000 g pour éliminer le pouvoir

infectieux propre de l'extrait, le surnageant constitue la fraction II on y ajoute 1/4 de volume de sulfate de protamine à 0,5 %. Après 15 h à 0°C, le précipité très faible est recueilli par centrifugation 20 mn à 10 000 g. Le culot est repris dans 1 ml de tampon succinate de soude 0,5 M, acide succinique pH 6,5 (fraction III), l'insoluble est éliminé par centrifugation. Le culot I*c* est repris dans 40 ml de tampon glycylglycine 0,05 M pH 7,5; l'ultracentrifugation et la précipitation au sulfate de protamine sont effectuées comme précédemment; le culot repris dans 1 ml de succinate de soude constitue la fraction IV.

Origine de la fraction enzymatique.	Milieu d'incubation complet.			Milieu d'incubation moins CTP.			% du témoin incomplet
	0 mn.	60 mn.	% temps 0.	0 mn.	60 mn.	% temps 0.	
Xanti a III	26	71	274	–	–	–	–
Samsun b III	209	333	159	–	–	–	–
Samsun c III	594	618	104	657	443	67	155
Samsun c IV	704	789	107	–	–	–	–
Xanti d I	318	161	51	189	63	30	170
Xanti d II	458	382	83	172	93	54	154
Xanti d III	190	223	117	116	88	76	154
Xanti d IV	207	190	92	66	20	33	279
Samsun e III	231	328	142	16	10	63	225
Samsun e IV	834	815	98	1 397	877	63	156
Samsun f III	403	574	142	501	301	60	237
Samsun f IV	611	644	105	194	113	58	181
Samsun Sains g III	98	1	1	–	–	–	–

Les fractions I, II, III, IV, sont essayées pour leur activité biosynthétique de la façon suivante :

a. Le RNA infectieux du virus de la Mosaïque du Tabac qui doit servir de modèle, est préparé par la méthode au phénol ([10]); 15 mn avant l'essai on le préincube avec 1 vol de succinate de soude 0,5 M pH 6,5. Le succinate a un effet très nettement protecteur sur le pouvoir infectieux.

b. Le milieu de réaction est de 0,4 ml; il contient 0,1 ml de la fraction enzymatique, 0,1 ml de RNA infectieux préincubé, 1 mg/ml des quatre nucléosides triphosphates ATP, GTP, CTP, UTP dans le rapport correspondant au RNA viral et 0,04 mg de bentonite; le milieu final est à la concentration de 0,02 M tampon tris pH 7,5, 0,001 M Cl_2Mg.

c. La réaction se fait à la température du laboratoire, on effectue un prélèvement au temps 0 mn et un à 60 mn, en stoppant par congélation à — 20°C. Les temps 0 et 60 mn sont inoculés face à face sur des demi-feuilles de *Nicotiana Xanthi* pour dénombrement des lésions locales. Dans la majorité des cas, le témoin absolu consistait en un milieu de réaction incomplet où l'on a omis un nucléotide (cytidine triphosphate) tout en maintenant la concentration des trois autres à 1 mg/ml.

Les résultats en nombre de lésions locales indiquent que les fractions I et II non purifiées ont une action nucléasique, au contraire, toutes les fractions semi-purifiées III et IV ont présenté une action biosynthétique d'autant plus nette que les témoins résultant d'une incubation en milieu incomplet présentaient une importante dénaturation du pouvoir infectieux.

La biosynthèse du RNA viral est donc possible *in vitro*, le système enzymatique isolé est sensible à la chaleur il n'est certainement pas pur. Les conditions optimales d'action sont à l'étude, elles n'étaient pas réalisées dans les essais décrits ci-dessus. Le système est vraisemblablement spécifique d'un type de virus, des essais préliminaires avec le virus de la nécrose du Tabac ayant été négatifs. Nous ne savons pas si le système est actif sur d'autres souches du virus de la Mosaïque du Tabac.

La question de l'absence du système enzymatique dans les noyaux de tabacs sains, comme le montre l'essai *g*, n'est pas résolue ; elle commande l'interprétation qu'on peut faire de la nature du virus. A notre avis, ce n'est que si le RNA viral porte le code direct de sa synthèse et non pas seulement un éventuel code répresseur que le virus peut être qualifié d'élément autoreproductible.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) Avec la collaboration technique de MM. Michel Gallet et Gilbert Molin.

(2) P. Cornuet et S. Astier, *Résumés du VIIIe Congrès international de Microbiologie*, 1962, p. 52. D 26-7.

(3) P. Cornuet et S. Astier-Manifacier, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1660.

(4) Young Tai Kim et S. G. Wildman, *Bioch. Research Communications*, 8, 1962, p. 1394.

(5) G. W. Cochram et coll., *Phytopathology*, 58, 1962, p. 728, abstract.

(6) G. W. Cochram et coll., *Science*, 138, n° 3536, 1962, p. 46.

(7) G. Schramm et coll., *Bioch. Research Communications*, 8, 1962, n° 6.

(8) U. Littauer et A. Kornberg, *J. Biol. Chem.*, 226, 1957, p. 1077.

(9) J. J. Furth, J. Hurwitz et M. Anders, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 2611.

(10) A. Gierer et G. Schramm, *Nature*, 177, 1956, p. 702.

(*Station Centrale de Pathologie végétale, I.N.R.A., Versailles.*)

A 16 h 45 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 17 h 20.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1962.
(*Suite.*)

Emploi de la bombe calorimétrique de M. Berthelot pour démontrer l'existence de l'arsenic dans l'organisme, par Gabriel Bertrand. Tome 31, 1901 : *Action de la laccase sur le gaïacol*, par Gabriel Bertrand. Tome 31, 1904 : *Sur la composition chimique et la formule de l'adrénaline*, par Gabriel Bertrand. *Sur les caractères physiques de l'adrénaline*, par Gabriel Bertrand. Tome 33, 1905 : *Sur un nouveau sucre des baies de sorbier*, par Gabriel Bertrand. *Sur la synthèse et la nature chimique de la sorbérite*, par Gabriel Bertrand. Tome 35, 1906 : *Sur la préparation et les caractères de la l-idite cristallisée*, par Gabriel Bertrand et A. Lanzenberg. *Le dosage des sucres réducteurs*, par Gabriel Bertrand. 4e série, tome 1, 1907 : *Sur une méthode extrêmement sensible de précipitation du zinc*, par Gabriel Bertrand et Maurice Javillier. *La vicianine, nouveau glucoside cyanhydrique contenu dans les graines de vesce*, par Gabriel Bertrand. *Recherches sur la répartition de la vicianine et de sa diastase dans les graines de légumineuses*, par Gabriel Bertrand et L. Rivkind. *Sur le phénomène de coloration du pain bis*, par Gabriel Bertrand et W. Mutermilch. *Recherches sur l'influence paralysante exercée par certains acides sur la laccase*, par Gabriel Bertrand. Tome 3, 1908 : *Sur une méthode permettant de doser de très petites quantités de zinc*, par Gabriel Bertrand et Maurice Javillier. *Recherches sur la mélanogénèse : action de la tyrosinase sur divers corps voisins de la tyrosine*, par Gabriel Bertrand. *Sur la façon dont agit sur la tyrosinase la tyrosine racémique*, par Gabriel Bertrand et M. Rosenblatt. *Sur la préparation et les caractères de la d-talite cristallisée*, par Gabriel Bertrand et P. Bruneau. Tome 5, 1909 : *Sur le silicotungstate de nicotine et sur le dosage de cet alcaloïde*, par Gabriel Bertrand et Maurice Javillier. *Recherches sur l'action paralysante exercée par certains acides sur la peroxydiastase*, par Gabriel Bertrand et M. Rozenband. *Le perséulose, nouveau sucre cristallisé à sept atomes de carbone*, par Gabriel Bertrand. *Sur la pseudomorphine*, par Gabriel Bertrand et V. I. Meyer. Tome 7, 1910 : *Sur la recherche de très petites quantités de bore dans l'organisme et dans les mélanges complexes*, par Gabriel Bertrand et Henri Agulhon. *Sur le dosage de l'acide borique dans les mélanges complexes et, en particulier, dans les cendres d'origine organique*, par Gabriel Bertrand et Henri Agulhon. *Recherches sur la cellase, nouvelle diastase dédoublant la cellose*, par Gabriel Bertrand et M. Holderer. *Recherches sur l'individualité de la cellase et de l'émulsine*, par Gabriel Bertrand et Arthur Compton. *Sur la constitution de la vicianine*, par Gabriel Bertrand et G. Weisweiller. Tome 9, 1911 : *Le vicianose, nouveau sucre réducteur en* C^{11}, par Gabriel Bertrand et G. Weisweiller. *Recherches sur la constitution du vicianose : hydrolyse diastasique*, par Gabriel

BERTRAND et G. WEISWEILLER. *Influence de la température sur l'activité de la cellase*, par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON. *Observations à propos d'une note relative à l'action du ferment bulgare sur les matières protéiques*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la constitution du vicianose et de la vicianine*, par GABRIEL BERTRAND et G. WEISWEILLER. *Sur l'hémoglobine comme peroxydase*, par GABRIEL BERTRAND et F. ROGOZINSKI. *Recherche et dosage de petites quantités de manganèse, en particulier dans les substances organiques*, par GABRIEL BERTRAND. *Influence de la température sur l'activité de l'émulsine*, par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON. Tome 11, 1912: *Recherches sur l'hydrolyse comparée du saccharose par divers acides en présence de la sucrase de levure*, par GABRIEL BERTRAND et M. et Mme ROSENBLATT. *Action combinée du manganèse et du zinc sur le développement et la composition minérale de l'*Aspergillus niger, par GABRIEL BERTRAND et MAURICE JAVILLIER. *Sur le rôle capital du manganèse dans la production des conidies de l'*Aspergillus niger, par GABRIEL BERTRAND. *Recherches sur le manganèse normal du sang*, par GABRIEL BERTRAND et F. MEDIGRECEANU. *Recherches sur la présence et la répartition du manganèse dans les organes des animaux*, par GABRIEL BERTRAND et F. MEDIGRECEANU. Tome 13, 1913 : *Recherches sur la présence du manganèse dans la série animale*, par GABRIEL BERTRAND et F. MEDIGRECEANU. *Sur la présence normale du bore chez les animaux*, par GABRIEL BERTRAND et HENRI AGULHON. *Sur la présence du bore dans la série animale*, par GABRIEL BERTRAND et HENRI AGULHON. *Recherches sur la présence du bore dans le lait et dans les œufs*, par GABRIEL BERTRAND et HENRI AGULHON. Tome 15, 1914 : *Sur la composition de l'essence de café; présence de la pyridine*, par GABRIEL BERTRAND et G. WEISWEILLER. *Sur une méthode permettant le dosage de quantités extrêmement petites de bore dans les matières organiques*, par GABRIEL BERTRAND et HENRI AGULHON. *Sur le dosage rapide de l'acide borique normal ou introduit dans les substances alimentaires*, par GABRIEL BERTRAND et HENRI AGULHON. *Sur l'action favorable exercée par le manganèse sur la fermentation acétique*, par GABRIEL BERTRAND et ROBERT SAZERAC. *Sur la thermorégénération de la sucrase de levure*, par GABRIEL BERTRAND et M. ROSENBLATT. *Peut-on étendre la thermorégénération aux diverses diastases de la levure*, par GABRIEL BERTRAND et M. ROSENBLATT. Tome 29, 1921 : *Recherches sur la répartition du zinc dans l'organisme du cheval*, par GABRIEL BERTRAND et R. VLADESCO. *Sur une curieuse modification de l'amygdalinase et de l'amygdalinase due au vieillissement*, par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON. *Influence de la température sur l'activité de la salicinase*, par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON. *Sur les causes de variation de la teneur en zinc des animaux vertébrés : influence de l'âge*, par GABRIEL BERTRAND et R. VLADESCO. *Recherches sur la présence du manganèse dans le règne végétal*, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT. *Sur la variation de la teneur en zinc de l'organisme du lapin durant la croissance*, par GABRIEL BERTRAND et R. VLADESCO. Tome 31, 1922 : *Sur la répartition du manganèse dans l'organisme des plantes supérieures*, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 5 DÉCEMBRE 1962.

PRÉSIDENCE DE M. ARNAUD DENJOY.

M. **MAURICE ROY** (*) s'exprime en ces termes :

Je désire informer l'Académie que le Bureau du Comité International de la Recherche Spatiale (COSPAR), que j'ai l'honneur de présider, s'est réuni à Paris les 12 et 13 novembre et qu'à l'occasion de cette réunion a été préparée notamment, en liaison avec des représentants des principales Unions scientifiques intéressées, l'organisation du prochain Symposium scientifique COSPAR qui se tiendra à Varsovie en 1963, pendant la première quinzaine de juin.

Ce Symposium comportera notamment :

d'une part, une série de revues générales, ou de mises au point, des connaissances acquises par le moyen de satellites et de fusées et relatives à l'espace et à ses relations avec la Terre;

d'autre part, des communications plus brèves et relatives aux résultats nouveaux acquis au moyen de satellites et de fusées, ainsi qu'aux programmes et opérations scientifiques qui font l'objet de l'activité des groupes de travail de COSPAR et qui tendent à renforcer et à développer la coopération scientifique, à la fois mondiale et interdisciplinaire, dans tous les domaines de recherche intéressés.

Pendant le Symposium de Varsovie se tiendra également l'Assemblée générale de COSPAR ainsi que les diverses réunions de son Bureau, de son Conseil exécutif et de ses groupes de travail dont cette assemblée est, depuis trois ans, l'occasion annuelle.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

NOTICES NÉCROLOGIQUES SUR LES MEMBRES ET LES CORRESPONDANTS.

Notice nécrologique sur Erich Tschermak von Seysenegg (*), *Correspondant pour la Section d'Économie rurale*, par M. Lucien Plantefol.

Le 11 octobre mourait à Vienne, **Erich Tschermak von Seysenegg**, qui appartenait, comme Correspondant, à la Section d'Économie rurale de notre Compagnie. Il avait 91 ans. Par la date de sa nomination, en 1937, il était l'un des plus anciens de nos correspondants.

J'aurais souhaité être informé par Vienne des lignes essentielles de sa vie que n'a certes pas manqué de rappeler la grande presse autrichienne. L'Institut dans lequel s'est déroulée toute sa carrière, n'a pas encore répondu à ma demande. Ce que je vous apporte aujourd'hui, c'est ce que peuvent apprendre de lui, à l'historien, avec plus de piété que la lecture des journaux, les livres et les publications des Académies et des Sociétés. Cela suffit à fournir une image qui me semble infiniment attachante.

A la fin de son *Inaugural-Dissertation*, il y a, suivant la coutume allemande, une brève esquisse latine, intitulée *Vita* : ses 25 premières années. Il est né à Vienne; il est fils de Gustave Tschermak, le grand minéralogiste viennois dont je dois saluer la mémoire; car il avait été en 1897 nommé Correspondant pour notre Section de Minéralogie. Après avoir travaillé trois ans à l'Université de Vienne, c'est à Halle, en Allemagne, qu'Erich Tschermak va poursuivre pour sa thèse des recherches de Physiologie végétale. Mais ensuite il trouve son domaine : l'étude de l'hérédité orientée vers la pratique, vers la production de races nouvelles.

Son point de départ est plein d'intérêt : Darwin avait montré sur des exemples aujourd'hui classiques, que la fécondation croisée assure une fertilité plus grande; il y a plus de graines formées si le pollen qui féconde les fleurs d'un pied de Primevère ne provient pas de ce pied même, mais a été apporté depuis un autre pied en fleurs. Et la nature reconnaît sans doute, par les dispositions diverses qui sont réalisées dans les fleurs et qui empêchent la fécondation directe, l'avantage de la fécondation croisée. Mais il y a des plantes dont normalement chaque fleur se pollinise elle-même. Retrouverait-on avec elles quelque chose des conclusions de Darwin ? Et Tschermak compare chez le Pois autofécondation, qui est le phénomène naturel, et fécondation croisée, toujours expérimentale. Par la force des choses, Tschermak découvre donc les règles de l'hérédité chez le Pois... et il enregistre avec enthousiasme sur ses cahiers des résultats d'une remarquable netteté.... Mais voici coup sur coup plusieurs publications

qui paraissent. De Vries, le grand savant qui a découvert les mutations, communique dans nos *Comptes rendus* du 26 mars 1900 une Note sur la loi de disjonction des hybrides. Correns dans les *Berichte der deutschen botanischen Gesellschaft* répond de suite en donnant sur ce même sujet, les résultats qu'il a obtenus sur le Maïs et sur le Pois. Et Tschermak est obligé de fournir sans délai, dans une Note préliminaire, l'essentiel de ses conclusions qui vérifient ses deux aînés. Mais en rédigeant, Correns et de Vries, et Tschermak aussi, ont constaté que leur travail répète celui fait, 40 ans plus tôt, par le moine autrichien Grégor Mendel, travail qui, publié dans une petite revue sans diffusion, est passé inaperçu. Ainsi, Tschermak est l'un des trois savants qui ont, chacun de son côté, redécouvert les lois de Mendel. Le hasard a réuni là trois grands savants. Car l'œuvre de Tschermak va se développer largement, théorique et pratique. Dans les Ouvrages classiques comme la *General Botany* de Gager (1926), quatre portraits présentent les noms illustres du problème de l'hérédité : Grégor Mendel, de Vries, Correns, Tschermak.

Toute la longue tâche d'Erich Tschermak se résume d'un mot : il est un « hybridateur », mot qui exprime à la fois le rôle pratique que son œuvre joue dans la vie humaine — et le problème théorique auquel est demeuré fidèlement attaché le savant. Privat-docent à l'École Supérieure pour la Culture du Sol à Vienne en 1902, c'est dans cette École qu'il sera *Professor der Pflanzenzüchtung* et, à sa retraite, son titre et son adresse ne changeront pas.

La fidélité à une pensée, à une carrière, permet la grandeur d'une œuvre. Celle d'Erich Tschermak est considérable. Tout d'abord il crée des variétés utiles. Parmi les lois de Mendel redécouvertes, c'est celle qu'on résume du mot de « recombinaison » qui assure l'efficacité de l'effort et, suivant une expression imagée, constitue l'une des pierres angulaires de la pratique génétique. On peut combiner les caractères utiles provenant de parents différents, par exemple la productivité et la résistance aux parasites, et isoler par sélection les êtres qui les présentent. Tschermak l'exprimait déjà lors d'une visite qu'il fit à la Station agronomique de Svalöf en 1901. Par la réalisation de croisements appropriés, Erich Tschermak a été, d'après un Ouvrage récent sur la Génétique, « l'un des plus productifs des hybridateurs de plantes mendéliens ».

Mais en même temps qu'on crée du nouveau, humainement utile, on projette la clarté sur la nature exacte des êtres qui nous entourent. La génétique, par la fécondité ou l'infécondité des croisements, par les caractères montrés par la culture et la descendance des hybrides expérimentaux, révèle que déjà la plupart de nos plantes actuelles sont des hybrides. Elle établit les liens qui existent entre les espèces et les genres. Ainsi Tschermak tout en fabriquant des hybrides nouveaux, a résolu bien des problèmes de la classification de son groupe préféré, les Graminées, et surtout Blés et Avoines.

En fait, vers 30 ans, les lignes fondamentales de sa pensée sont tracées. Son œuvre sera le développement de cette pensée. Ne croyez pas toutefois que la forme de celle-ci soit totalement fixée. Tschermak conserve toute sa vie une jeunesse d'esprit qui lui permet de suivre les progrès de la génétique. Avec Morgan, elle s'engage dans la voie des contrôles chromosomiques. Tschermak fait lui-même par exemple l'étude cytologique d'un hybride de Blé qu'il a créé : *turgido-villosum* et explique par la constitution du noyau, que l'hybride ait la fertilité et la stabilité d'une espèce nouvelle.

Enfin la pensée de Tschermak s'élève jusqu'aux conceptions théoriques. En 1904 un article fondamental développe sa théorie de la cryptomérie. Il y a chez les êtres des propriétés ou des caractères latents que révèle seulement le recours à l'hybridation. Deux variétés de Giroflée à fleur blanche ont également par autofécondation une descendance fixe à fleurs blanches. Le croisement entre ces deux variétés fait apparaître des hybrides à fleurs violettes. Le caractère pigmentaire était donc caché, latent chez l'une au moins des deux plantes. Le terme de cryptomérie, exprimant comme le dit l'étymologie, cette partie secrète des caractères des êtres, traduit bien l'existence d'un caractère ou facteur caché. Mais celui-ci obéit à la loi de Mendel, si l'on suppose qu'on est en présence d'un cas de dihybridisme commandant par deux facteurs la manifestation d'un tel caractère et la cryptomérie de Tschermak conserve aujourd'hui toute sa réalité, à côté de l'hypostasie de Bateson à laquelle les généticiens actuels ont si souvent recours dans leurs interprétations des aberrations aux lois de Mendel.

Oublierais-je l'admiration et la reconnaissance de Tschermak à l'égard de son illustre devancier. C'est lui, le plus jeune des trois, dans le triumvirat des « redécouvreurs » qui publia en 1911, l'œuvre de Mendel et sa biographie, dans les Classiques des Sciences exactes, dirigés par Ostwald. Je ne puis passer sous silence l'article plein de souvenirs si vivants qu'il a donné à 80 ans sur la redécouverte des lois de Mendel. Mais en cette phase dernière de sa vie, il ne vivait pas seulement de souvenirs — et je n'en veux pour preuve que le dernier article qu'il nous a fait parvenir voici cinq ans et dont le titre dit à la fois mélancolie et enthousiasme : « Observations de biologie florale à propos d'un *Codiæum variegatum* sur l'appui de fenêtre d'un vieil éleveur de plantes. » Ce sont de très valables et fines observations que le vieux savant écrivait pour le jubilé d'Otto Renner.

Je suis peiné de ne pouvoir vous dire ce que furent les toutes dernières années. Nous savons qu'il avait été comblé d'honneurs, puisque au moment déjà où l'Académie l'élisait comme Correspondant, il était Membre de l'Académie des Sciences de Vienne, de l'Académie des " Lincei ", des Académies des Sciences de Léningrad, de Budapest, Membre de l'Académie d'Agriculture de France. Cette France, qui par le choix de notre Académie

l'appelait à elle, en 1937, il avait, dans sa jeunesse, en 1899, souhaité y séjourner, car les établissements Vilmorin étaient l'un des centres dans le monde où la sélection était scientifiquement conduite. Peut-être est-ce là qu'il avait rencontré Louis Blaringhem, plus jeune que lui de six ans, qui travaillait dans le même domaine de l'hybridation et souvent comme lui sur les Céréales, et qui avait conservé pour lui une profonde admiration.

Nous savons qu'Erich Tschermak von Seysenegg demeurera l'une des grandes figures de la génétique. Nous présentons à ses proches l'expression des condoléances de notre Compagnie et nous formons le vœu que l'Autriche donne son nom à l'Institut dans lequel il a passé toute sa vie et qu'il a illustré.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

CORRESPONDANCE.

M. **Alfred S. Balachowsky** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *Philibert Guinier.*

M. le **Ministre de l'Éducation nationale** invite l'Académie à lui présenter une liste de deux candidats à la place de Membre titulaire (Géophysicien) créée au Bureau des longitudes par décret du 16 juillet 1962.

(Renvoi à la Division des Sciences mathématiques et physiques.)

M. **René Garnier** est désigné pour représenter l'Académie à la séance solennelle organisée le 15 décembre 1962 par l'Académie des « Lincei », à Rome, à l'occasion de l'anniversaire de la mort de **Francesco Severi.**

L'Académie est informée du **Rassemblement européen des arts chimiques** et du **Congrès-exposition Achema 1964**, organisés à Francfort-sur-le-Main du 19 au 27 juin 1964.

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie la *Connaissance des temps ou des mouvements célestes pour l'an* 1963 *à l'usage des astronomes et des navigateurs* publiée par le Bureau des longitudes.

M. **Léopold Escande** adresse en hommage à l'Académie un Ouvrage de M. Jean Lagasse intitulé : *Étude des circuits électriques.* Tome I : *Méthodes générales d'analyse,* dont il a écrit la *Préface.*

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° A. Petitclerc. *Électronique physique des semi-conducteurs.* Préface de L. de Valroger.

2° PHILIPPE-AUGUSTE DIONNE. *Sur les problèmes de Cauchy hyperboliques bien posés* (Thèse, Paris).

3° Commissariat à l'énergie atomique. Rapports n° 2036 : *Mesure des émetteurs γ par chambres d'ionisation. Détermination du coefficient spécifique d'émission γ de quelques radioéléments*, par JACQUES ENGELMANN. N° 2052 : *Contribution au calcul des propriétés thermodynamiques des solutions à partir des diagrammes de phases*, par RAOUL HAGEGE. N° 2126 : *Étude sur le recuit des défauts introduits dans l'argent par écrouissage*, par F. REGNIER-LEBOUTEUX. N° 2129 : *Contribution à l'étude de la structure et des propriétés des gels de silice*, par JACQUES FRAISSARD. (Thèses, Paris.) N° 2143 : *Étude et réalisation d'un générateur électrostatique à très haute stabilité*, par ROBERT E. L. JONCKHEERE (Thèse, Grenoble). N° 2154 : *Contribution à la connaissance géochimique des familles de l'uranium-radium et du thorium dans les Vosges méridionales. Application de certains résultats en prospection des gisements d'uranium*, par GEORGES JURAIN (Thèse, Nancy).

4° L'humanisme scientifique de demain. *Les grands courants de la pensée mathématique*, présentés par F. LE LIONNAIS. Nouvelle édition augmentée.

5° Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air. Notes techniques. *Stabilité de la combustion vibratoire dans le brûleur à résonance*, par JEAN-CLAUDE LEYER. Préface de M. NUMA MANSON.

6° *Lavoisier. The crucial year. The background and origin of his first experiments on combustion in* 1772, by HENRY GUERLAC.

7° United Kingdom atomic energy authority. *Glossary of atomic terms.*

8° Académie des sciences de Bielorussie. Institut de construction et architecture. EVGENIJA FEDOROVITCH VINOKOUROV. *Stroitel'nye svoïstva morennykh grountov (Aptitude à la construction des sols de moraine).*

9° Id. Institut de physiologie. L. S. TCHERKASOVA, K. V. FOMITCHENKO, T. M. MIRONOVA, F. D. KOLDOBSKAJA, V. A. KOUKOUCHKINA, V. G. REMBERGER. *Ionizirouiouchtchee izloutchenie i obmen vechtchestv (Irradiation ionisante et échange de matière).*

10° Id. Institut d'énergétique. 1° *Avtomatizatsija kontrol' i povychenie ekonomitchnosti energooustanovok (Automatisation, contrôle et augmentation des qualités économiques des installations énergétiques).* 2° IVAN FILIPPOVITCH VOLOCHIN. *Elektritcheskie tsepi postojannogo toka s termistorami (Osnovy teorii) (Chaînes électriques à courant continu avec thermistor (bases de la théorie).*

10° Id. Institut de la conduite des machines. *O proizvoditel'nosti avtomatitcheskikh machin (Sur le rendement des machines automatiques).*

11° Saratovskiï gosoudarstvennyï Universitet imeni N. G. Tchernychevskogo. *Saratovskiï Universitet*, 1909-1959.

RENOUVELLEMENT ANNUEL DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

A l'unanimité des suffrages exprimés :

M. **Georges Poivilliers** est élu vice-président pour l'année 1963;

MM. **Albert Caquot** et **Louis Fage** sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

GÉNÉTIQUE. — *Hermaphrodisme XX/XXY.*

Note (*) de MM. **Raymond Turpin**, **Jérôme Lejeune** et **André Breton**.

Un mosaïcisme gonosomique XX/XXY trouvé dans un cas d'hermaphrodisme indiscutable avec ovaire et annexes féminines à droite, testicule aleydigien à gauche, offre un exemple démonstratif de concordance entre l'ambosexualité gonosomique et l'ambosexualité anatomo-clinique.

Jusqu'à présent l'étude cytogénétique de l'hermaphrodisme suggère deux remarques relatives l'une à la diversité des types anatomo-cliniques, l'autre à la discordance entre ces types et les formules gonosomiques.

Diversité anatomo-clinique. — Cette diversité était attendue car elle s'accorde avec celle des descriptions classiques.

A. L'orientation du phénotype ambosexuel est en rapport avec les caractères gonadiques.

Orientation féminine avec développement des seins, clitoromégalie, orifice uréthral périnéal, vagin, utérus; ovotestis d'un côté, ovaire de l'autre.

Orientation masculine avec développement des seins, pénis de dimensions normales mais hypospade, absence de vagin, rudiment de tissu utérin ou petit utérus; ovotestis scrotal d'un côté, testicule scrotal de l'autre; annexes masculines.

B. Les types gonadiques sont pour la plupart ovotestis d'un côté et ovaire de l'autre; plus rarement testicule d'un côté, ovaire de l'autre; une fois ovotestis à droite et testicule du côté opposé.

L'ovaire quand il est accompagné d'ovotestis, se trouve, comme à l'habitude, à gauche. Il est pour ainsi dire toujours pelvien, avec utérus parfois unicorne et trompe. Il renferme en général des follicules, parfois un corpus albicans témoin d'ovulation.

L'ovotestis, dont les caractères cytologiques sont rarement précisés, était une fois à prédominance ovarienne avec tube de Fallope, une autre fois à prédominance testiculaire avec annexes masculines.

Le testicule, inguinal ou scrotal, est plus ou moins pauvre en tubes, pour la plupart atrophiés, en cellules de Sertoli et de Leydig; il est plus rare de trouver des éléments de la lignée germinale, un épididyme et un déférent. Deux observations avec séminome rappellent la fréquence relativement plus grande de cette complication chez les intersexués.

Discordance entre phénotypes et formules gonosomiques. — Devant cette diversité anatomo-clinique, image de la diversité des variétés d'herma-



Fig. 1. — Cellule 44 A, XX.



Fig. 2. — Cellule 44 A, XXY.

phrodisme, le cytogénéticien pourrait s'attendre à trouver un rapport entre phénotype ambosexuel et caryotype. Il n'en est rien.

D'une part, une même variété anatomo-clinique s'accompagne de caryotypes différents (ovotestis à droite, ovaire à gauche et caryotypes XX [([1]), ([3])] ou XX/XY ([13]); testicule à droite, ovaire à gauche et caryotypes XX ([5]) ou XX/XXX ([3]).

D'autre part, un même caryotype accompagne des variétés anatomo-cliniques différentes (caryotype XX chez un sujet avec ovotestis à droite et testicule à gauche ([10]) ou chez un sujet avec ovotestis à droite et ovaire à gauche ([6]).

Bien plus la constitution XO/XY qui a été trouvée dans des cas indiscutables d'hermaphrodisme [([8]), ([9])] peut accompagner aussi une dysgénésie gonado-somatique sans hermaphrodisme, avec rudiments ovariens bilatéraux en position gonadique ([11]).

Observation. — Alors qu'il était âgé de 4 ans, l'enfant chez lequel nous avons décelé un type de mosaïcisme XX/XXY retenait l'attention par l'ambiguïté de ses organes génitaux externes. Sa morphologie générale était de type masculin sans retard de l'éveil intellectuel; sa musculature bien développée. Par contre, ses organes génitaux étaient caractéristiques d'un hermaphrodisme dit « alterne ». « Le pénis de 33 mm sur sa face dorsale est coudé par l'hypoplasie de sa face inférieure : gland sans méat, recouvert sur sa face dorsale seule par le capuchon préputial et parcouru sur sa face inférieure par une gouttière conduisant à un orifice situé à la base du pénis. Cet orifice de 2,5 mm de diamètre est le méat urinaire. L'urétrographie dessine un urèthre normal qui mène à la vessie : elle ne décèle pas de dérivés mullériens. Cet hypospadias péno-scrotal s'accompagne d'une asymétrie scrotale. »

L'examen histologique (Professeur J. Delarue) donna les résultats suivants :

« A gauche, scrotum à plis transversaux et dans lequel on perçoit une gonade du volume d'un gros haricot. Son examen histologique permet d'identifier des tubes séminifères immatures qui correspondent à l'âge du sujet; une charpente conjonctive interstitielle un peu œdémateuse, richement vascularisée avec quelques artérioles dont la paroi est anormalement hyaline; par contre, en dépit de la multiplication des coupes il n'est pas possible de déceler des cellules de Leydig.

« A droite, le scrotum évoque une grande lèvre. Il ne contient pas de gonade et se fusionne en un raphé médian avec le scrotum gauche en arrière du méat urinaire.

« Une laparotomie permet de trouver au niveau de l'orifice inguinal interne une masse du volume d'une noisette accolée à une trompe un peu atrésique. L'étude histologique montre que la petite masse est un ovaire dont la corticale contient un nombre considérable de follicules primordiaux immatures englobés dans un stroma normal. Il existe aussi des follicules sous-corticaux en voie de croissance, contenant la *liquor folliculi* et parfois

même à l'un des pôles une éminence germinative peuplée de cellules de granulosa. Au niveau du hile, vascularisation normale et quelques cellules de Berger typiques. La trompe a un aspect prépubertaire avec muqueuse frangée. En multipliant les coupes on trouve dans le méso-salpinx quelques vestiges canaliculaires embryonnaires normaux et à la suite de la trompe une formation qui évoque une ébauche de corne utérine.

« L'exploration du petit bassin, en particulier au niveau de l'espace intervésico-rectal ne décèle pas d'autres anomalies. »

Cet hermaphrodisme indiscutable est donc caractérisé à droite par un ovaire et des annexes féminines évidentes, presque normalement constituées et même une croissance folliculaire anormalement précoce ; à gauche par un testicule aleydigien dont les tubes séminifères correspondent à l'âge du sujet. Le bilan hormonal urinaire ne s'écarte pas des limites normales.

Ce sujet de 4 ans est le dernier d'une série de quatre enfants ; l'aîné a été opéré d'un pied bot congénital et d'une cryptorchidie bilatérale ; le cadet d'un angiome du bras droit. Aucune autre particularité familiale n'est digne d'attention.

Après vérification de la chromatine buccale (positive faible), l'étude caryotypique est entreprise (fascia lata). Sur 98 cellules, 63 comportent 46 chromosomes et 35, 47 ; les premières ont une formule gonosomique XX ; les secondes XXY.

Conclusion. — Cet hermaphrodite XX/XXY est un exemple démonstratif de concordance entre l'ambosexualité gonosomique et, avec les possibilités d'expression d'un organisme de 4 ans, l'ambosexualité anatomo-clinique. Il mérite d'être retenu puisque le mosaïcisme XX/XXY n'a été décrit, à notre connaissance, jusqu'à présent que chez deux sujets présumés atteints des syndrome de Klinefelter [([2]), ([4]), ([7])], et que la même formule, mais avec délétion du grand bras de l'un des X des cellules XXY, a été trouvée chez un pseudo-hermaphrodite masculin ([12]).

L'hermaphrodisme grâce à la cytogénétique bénéficie d'un regain d'intérêt. Chercher la solution des problèmes qu'il pose, c'est travailler en même temps à mieux connaître l'organogenèse de l'appareil génital normal.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) L. M. de Assis, D. R. Epps, C. Bottura et J. Ferrari, *Lancet*, n° 2, 1960, p. 129.

([2]) A. C. Crooke et M. D. Hayward, *Lancet*, n° 1, 1960, p. 1198.

([3]) M. A. Ferguson-Smith, A. W. Johnston et A. N. Weinberg, *Lancet*, n° 2, 1960, p. 126.

([4]) C. E. Ford, P. E. Polani, J. H. Briggs et P. M. F. Bishop, *Nature*, 183, April 11, 1959, p. 1030.

([5]) R. R. Gordon, F. J. P. O'Gorman, C. J. Dewhurst et C. E. Blank, *Lancet*, n° 2, 1960, p. 736.

([6]) D. G. Harnden et C. N. Armstrong, *Brit. Med. J.*, 2, n° 5 162, December 12, 1959, p. 1287.

([7]) M. D. Hayward, *Heredity*, 15, 1960, p. 235.

(8) K. HIRSCHHORN, W. H. DECKER et H. L. COOPER, *Lancet*, n° 2, 1960, p. 319; *J. Med.*, 263, 1960, p. 1044.

(9) K. HIRSCHHORN, H. L. COOPER et O. J. MILLER, *Lancet*, n° 2, 1960, p. 1449.

(10) D. A. HUNGERFORD, A. J. DONNELLY, P. C. NOWEL et S. BECK, *Amer. J. human. Gen.*, 113, September 1959, p. 215.

(11) P. A. JACOBS, D. G. HARNDEN, K. E. BUCKTON, W. M. COURT BROWN, M. J. KING, J. A. MC BRIDE, T. N. MAC GREGOR et N. MACLEAN, *Lancet*, n° 1, 1961, p. 1183.

(12) CH. P. MILES, L. LUZZATTI, S. D. STOREY et C. D. PETERSON, *Lancet*, n° 2, 1962, p. 455.

(13) S. H. WAXMAN, V. C. KELLEY, S. M. GARTLER et B. BURT, *Lancet*, n° 1, 1962, p. 161.

(14) Ce travail a été réalisé avec l'aide du National Institute of Health (contrat B 4322).

(*Institut de Progenèse, 15, rue de l'École-de-Médecine, Paris, 6e.*)

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

ALGÈBRE. — *Exemple d'équivalence régulière et simplifiable dans un quasi-groupe.* Note (*) de M. **Gérard Mattenet**, présentée par M. Gaston Julia.

Dans ([1]), nous étudions les relations d'équivalence régulières et simplifiables (R. S.) définies dans un quasi-groupe, ainsi que les relations R. S. à droite ou R. S. à gauche. Ici, nous donnons pour un quasi-groupe quelconque un exemple de ces trois types d'équivalence, exemple introduit par Bruck ([2]) et Albert ([3]) dans le cas des boucles. Les notations sont celles de ([1]).

1. Théorème 1. — *Soient* B *un quasi-groupe,* N_λ *l'ensemble des éléments du groupe associé* G *de* B, *permutant avec les translations à droite* R_x *définies par les éléments* x *de* B.

Alors N_λ *est un sous-groupe du groupe associé à gauche* G_λ *de* B *et pour tout* $a \in B$, *on a*

$$N_\lambda = \{ L_x L_a^{-1} : x \in N_\lambda(a) \}, \tag{1}$$

$$N_\lambda(a) = \{ x \in B : \alpha(x) = x, \ \forall \alpha \in (\mathcal{J}_a)_\rho \}. \tag{1'}$$

L'application $\alpha \to \alpha a$ *de* N_λ *sur* $N_\lambda(a)$ *est bijective. L'équivalence de transitivité définie par* N_λ *sur* B *est R. S. à droite et l'on a* $y \in N_\lambda(x)$ *si et seulement si* $(\mathcal{J}_y)_\rho = (\mathcal{J}_x)_\rho$.

Démonstration. — Soit $\alpha \in N_\lambda$ et $x \in B$; on a

$$\alpha R_x(a) = R_x \alpha(a),$$

soit

$$\alpha(ax) = \alpha(a)x \qquad \text{ou} \qquad \alpha L_a(x) = L_{\alpha(a)}(x),$$

donc

$$\alpha = L_{\alpha(a)} L_a^{-1}.$$

Réciproquement, soit $x \in N_\lambda(a)$. On a alors

$$x = \alpha(a), \qquad \text{où} \quad \alpha \in N_\lambda,$$

donc

$$L_x L_a^{-1} = L_{\alpha(a)} L_a^{-1} = \alpha.$$

L'égalité (1) en résulte et entraîne que l'application $\alpha \to \alpha(a)$ de N_λ sur $N_\lambda(a)$ est injective.

Soient $x \in N_\lambda(a)$ et $\theta \in (\mathcal{J}_a)_\rho$. Alors, il existe $\alpha \in N_\lambda$ tel que $x = \alpha(a)$ et l'on a

$$\theta(x) = \theta\alpha(a) = \alpha\theta(a) = \alpha(a) = x.$$

Réciproquement, soit $z \in B$ tel que $\theta z = z$ pour tout $\theta \in (\mathcal{J}_a)_\rho$.

On a donc, d'après ([1]), p. 10,

$$R^{a}_{x,y}(z) = z, \quad \forall x, y \in B,$$

soit

$$R_y R_{L_a^{-1}(x)}(z) = R_{L_a^{-1}(xy)}(z);$$

or

$$R_{L_a^{-1}(x)}(z) = z L_a^{-1}(x) = L_z L_a^{-1}(x),$$

d'où

$$R_y L_z L_a^{-1}(x) = L_z L_a^{-1}(xy) = L_z L_a^{-1} R_y(x), \quad \forall x, y \in B.$$

Donc $L_z L_a^{-1} \in N_\lambda$ et, par suite, $z \in N_\lambda(a)$.

L'égalité (1') en résulte et entraîne que l'équivalence de transitivité définie par N_λ sur B est telle que $y \in N_\lambda(x)$ si et seulement si $(\mathcal{J}_x)_\rho = (\mathcal{J}_y)_\rho$. Cette équivalence est R. S. à droite. En effet, compte tenu de (1'), il suffit d'après la proposition 4 (a) de ([1]), de vérifier que $N_\lambda(a)$ est stable par les translations à droite de $L_a^{-1}(N_\lambda(a))$.

Or, si $x, y \in N_\lambda(a)$, on a

$$R_{L_a^{-1}(x)}(y) = y L_a^{-1}(x) = L_y L_a^{-1}(x) \in N_\lambda(x) = N_\lambda(a);$$

en outre, d'après (1), on a alors

$$R_{L_a^{-1}(x)}[N_\lambda(a)] = N_\lambda(x) = N_\lambda(a), \quad \forall x \in N_\lambda(a).$$

Corollaire. — *Si a est un idempotent de* B, $N_\lambda(a)$ *est un sous-quasi-groupe de* B, *isotope principal d'un groupe isomorphe à* N_λ *et ayant a pour élément unité à droite.*

En effet, d'après la proposition 4 de ([1]), pour qu'un complexe E_λ de B, classe d'une équivalence R. S. à droite de B, soit un sous-quasi-groupe de B, il faut et il suffit qu'il existe $a \in E_\lambda$ tel que $R_a(E_\lambda) = E_\lambda$.

Or, si $x \in N_\lambda(a)$ et si $a^2 = a$, on $L_a^{-1}(a) = a$, donc

$$R_a(x) = L_x(a) = L_x L_a^{-1}(a) \in N_\lambda(a).$$

Par suite, d'après (1),

$$R_a(N_\lambda(a)) = N_\lambda(a).$$

En outre, si $x \in N_\lambda(a)$, on a d'après la formule (1)

$$L_x L_a^{-1}(a) = x.$$

Soit $xa = x$ et a est élément unité à droite de $N_\lambda(a)$.

Soient $\alpha, \beta \in N_\lambda$, $x = \alpha(a)$, $y = \beta(a)$. On a

$$\beta\alpha(a) = L_y L_a^{-1} L_x L_a^{-1}(a) = L_y L_a^{-1}(x) = y L_a^{-1}(x).$$

Soit alors, sur $N_\lambda(a)$, la loi X définie par

$$y X x = y L_a^{-1}(x) = R_a^{-1}(y) L_a^{-1}(x).$$

D'après (1), p. 14, remarque 1, $N_\lambda(a)$ est pour cette loi X, un isotope principal du sous-quasi-groupe $N_\lambda(a)$ de B, et d'après

$$\beta\,\alpha(a) = y X x = \beta(a)\, X\, \alpha(a),$$

$N_\lambda(a)^X$ est un groupe isomorphe à N_λ.

On a les mêmes propriétés en échangeant droite et gauche, λ et ρ.

2. $N_\rho \cap N_\lambda = C$ est le centre du groupe associé G; d'où, pour tout $a \in B$,

Théorème 2. — $C = \{ L_x L_a^{-1} : x \in C(a) \}$ *et* $x \in C(a)$ *entraîne* $L_x L_a^{-1} = R_x R_a^{-1}$,

$$C(a) = \{ x \in B : \alpha(x) = x,\ \forall\, \alpha \in \mathcal{I}_a \}, \tag{2}$$

l'équivalence de transitivité définie par C *sur* B *est R. S. et définie par* $y \in C(x)$ *si et seulement si* $\mathcal{I}_x = \mathcal{I}_y$.

La démonstration utilise les résultats précédents et le résultat de (1), p. 12, prop. 5′, d'après lequel $\mathcal{I}_a$ est engendré par $(\mathcal{I}_a)_\rho$, $(\mathcal{I}_a)_\lambda$ et les

$$T''_x = L^{-1}_{R_a^{-1}(x)} R_{L_a^{-1}(x)}.$$

Corollaire. — *Si a est un idempotent de* B, C (a) *est un sous-groupe isomorphe à* C.

En effet, $C(a) \subset N_\lambda(a) \cap N_\rho(a)$ admet a pour élément unité et si $\alpha, \beta \in C$, on a

$$\alpha\,\beta(a) = L_{\alpha(a)} L_a^{-1} [\beta(a)] = L_{\alpha(a)} \beta(a) = \alpha(a)\, \beta(a),$$

donc C (a) est un sous-groupe isomorphe à C admettant a pour élément unité.

Dans le cas où B est une boucle d'élément-unité e, $N_\lambda(e)$ est un sous-groupe appelé associateur à droite de B isomorphe à N_λ, $N_\rho(e)$ est un sous-groupe appelé associateur à gauche de B anti-isomorphe à N_λ, C (e) est un sous-groupe centre de B isomorphe à C et l'on a, en outre,

$$C(e) = N_\rho(e) \cap N_\lambda(e).$$

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) G. Mattenet, *Sur les Quasi-groupes*, Séminaire Dubreil-Pisot (*Algèbre et Théorie des Nombres*), 15e année, 1961-1962, no 12.

(2) R. H. Bruck, *A survey of binary systems*, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1958 (*Ergebnisse der Mathematik*, 20).

(3) A. A. Albert, *Trans. Amer. math. Soc.*, 54, 1943, p. 507-519; 55, 1944, p. 401-419.

ALGÈBRE. — *Nombre des extensions de degré donné d'un corps $\mathfrak{p}$-adique : compléments au théorème 1 dans le cas non $\mathfrak{p}$-adique; démonstration du théorème 2.* Note (*) de M. **Marc Krasner**, présentée par M. René Garnier.

Soient k un corps valué localement compact, p' sa caractéristique (donc k est $\mathfrak{p}$-adique si, et seulement si $p' = 0$), $\mathfrak{p}$ l'idéal premier de k, $\bar{k}$ son corps résiduel, p la caractéristique de $\bar{k}$ et $q = p^{f_0}$ le nombre de ses éléments. Soient $(p) = \mathfrak{p}^{e_0}$ et, si $p' = 0$, $n_0 = (k : Q_p)$, où Q_p est le corps p-adique rationnel. Dans mes Notes précédentes ([1]), dont je conserve les notations, j'ai calculé le nombre $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j}$ des extensions complètement ramifiées K/k de degré n et de différente $\mathfrak{p}^{(n+j-1)/n}$, où $j \neq +\infty$ (séparabilité de K/k) satisfait aux conditions d'Ore, qui sont nécessaires et suffisantes pour que $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j} > 0$. Soient $E = e_0 n$, $N = n_0 n$ $[= (K : Q_p)$ si $p' = 0]$, $n = hp^m$, où $h \not\equiv 0 \pmod{p}$, s le plus grand entier $\leqq m$ tel que $p^s \mid j$, ρ la partie entière $[j/E]$ de j/E. Alors, les conditions d'Ore sont $sE \leqq j \leqq mE$ et l'expression de $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j}$ (théorème 1) est $nl_j q^{\varepsilon(\rho)E+[(j-sE)/p^{\rho+1}]}$, où, si $\rho \geqq 0$, $\varepsilon(\rho) = p^{-1} + \ldots + p^{-\rho}$ [donc $\varepsilon(0) = 0$] et où $l_j = q - 1$ ou 1 selon que $j <$ ou $= mE$. Cette formule et les conditions d'Ore sont, toutefois, ambiguës si $m = 0$ et $p' = p$ (donc $E = +\infty$), car, alors, $sE = mE = 0\,(+\infty)$. Dans la présente Note, je particularise, d'abord, le théorème 1 pour le cas non $\mathfrak{p}$-adique ($p' = p$), en levant, en particulier, l'ambiguïté signalée et en montrant que toute interprétation raisonnable de la formule précédente pour $j = +\infty$ (cas non compris dans la démonstration générale) lui attribue la valeur correcte $+\infty$. Ensuite, je calcule, dans le cas $\mathfrak{p}$-adique, les nombres $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n}$ et $\mathfrak{N}_{k,n}$ des extensions complètement ramifiées respectivement quelconques K/k de degré n (théorème 2).

11. Si $p' = p$, donc $E = +\infty$, et si $f(x) \in E_{k,n}$, les dérivées des termes de $f(x)$ d'exposant divisible par p sont nulles, donc si la différente $\mathfrak{D}_f = \mathfrak{p}^{(n+j-1)/n}$ de f n'est pas nulle (ce qui équivaut à $j \neq +\infty$), le terme maximal de $f'(\alpha)$ [où $f(\alpha) = 0$] provient d'un terme de $f(x)$ d'exposant premier à p, et l'on a $s = 0$. Si $m > 0$, $n\alpha^{n-1} = 0$, donc $j \not\equiv 0 \pmod{p}$ est la seule condition pour que $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j} > 0$. Il y a donc lieu de poser, dans ce cas, $sE = 0\,(+\infty) = 0$ car $mE = 1\,(+\infty) = +\infty$ et $j < mE$ est déjà impliqué par $j < +\infty$. Si $m = 0$, $n\alpha^{n-1}$ est le terme maximal de $f'(\alpha)$ et l'on a $\mathfrak{D}_f = \mathfrak{p}^{(n-1)/n}$, autrement dit $j = 0$, ce qui impose pour mE la valeur 0 quand $m = 0$ et $E = +\infty$.

Si $j \neq +\infty$ (ce qui assure la séparabilité des extensions considérées) les raisonnements des Notes précédentes ne comportent aucune exception de validité pour $p' = p$ à condition de donner à sE et à mE la valeur précédente 0 dans le cas ambigu $m = 0$, $E = +\infty$. Si $m > 0$, on a alors $j < mE = +\infty$, d'où $\rho = 0$ et $l_j = q - 1$. Donc, si $m > 0$, on a $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j} = (q-1)\,q^{[j/p]}$ ou 0 selon que $j \not\equiv$ ou $\equiv 0 \pmod{p}$. Si $m = 0$ (extensions non surramifiées) on a $j = 0 = mE$, d'où $\rho = 0$ et $l_j = 1$, ce qui donne $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j} = nq^{[0/p]} = n$ (résultat vrai aussi pour $p' = 0$).

Si $j = +\infty$, les conditions d'Ore $sE \leqq j \leqq mE$ exigent $m > 0$ si l'on pose $mE = 0$ quand $m = 0$. Or, si $p' = p$, $m > 0$ est bien la condition nécessaire et suffisante pour qu'il existe des extensions non séparables de degré n de k. Et, alors, leur nombre (comme on voit facilement) est dénombrable, donc se représente raisonnablement par $+\infty$. D'autre part, si

$j = E = +\infty$, la seule interprétation raisonnable de j/E est de le considérer comme un nombre réel non négatif indéterminé, auquel cas $\rho = [j/E]$ devient un entier indéterminé $\geqq 0$ et, quelle que soit la valeur qu'on lui attribue, $\varepsilon(\rho) E + [(j - \rho E)/p^{\rho+1}]$ prend la valeur $+\infty$. D'autre part, $l_{+\infty}$, comme tout l_j, ne peut prendre que les valeurs $q-1$ ou 1, toutes les deux > 0. Ainsi, la seule valeur raisonnable de $n l_j q^{\varepsilon(\rho)E+[(j-\rho E)/p^{\rho+1}]}$ quand $j = E = +\infty$ est bien $+\infty$.

12. Calculons, dans le cas $\mathfrak{p}$-adique, par sommation étendue à tous les j satisfaisant aux conditions d'Ore, $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n} = \Sigma_j \mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j}$. Dans ce but, divisons l'intervalle $[0, mE]$, contenant tous les j de cette sorte, en $m+1$ sous-intervalles $\Lambda_0 = [0, E)$, $\Lambda_1 = [E, 2E)$, $\ldots$, $\Lambda_{m-1} = [(m-1)E, mE)$, $\Lambda_m = [mE, mE] = \{mE\}$. Si j est un entier $\in \Lambda_s$, $0 \leqq s < m$, on a $\rho = [j/E] = s$ et $l_j = q - 1$ et $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j}$ est le produit de deux facteurs $\mathfrak{N}'_s = n(q-1)(q^E)^{\varepsilon(s)}$, ne dépendant (pour k et n donnés) que de s, et $\mathfrak{N}''_j = q^{[(j-sE)/p^{s+1}]}$, qui dépend de j. Or, j satisfait aux conditions d'Ore si, et seulement si $s(j) E \leqq j$, autrement dit $s(j) \leqq s$, ce qui équivaut à $j \not\equiv 0 \pmod{p^{s+1}}$. Et, quand j parcourt les entiers $\in \Lambda_s$ non divisibles par p^{s+1}, $[(j - sE)/p^{s+1}]$ prend toutes les valeurs $0, 1, \ldots, (E/p^{s+1}) - 1$, chaque valeur étant prise $p^{s+1} - 1$ fois. Ainsi, $\Sigma_{j\in\Lambda_s} \mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j} = \mathfrak{N}'_s \Sigma_j \mathfrak{N}''_j$ est le produit de $n(q-1)(q^E)^{\varepsilon(s)}$ par $(p^{s+1} - 1)(1 + q + \ldots + q^{(E/p^{s+1})-1})$ égal à $(p^{s+1} - 1)(q^{E/p^{s+1}} - 1)/(q-1)$. Comme $(q^E)^{\varepsilon(s)} q^{E/p^{s+1}} = (q^E)^{\varepsilon(s+1)}$, la somme précédente est

$$n(p^{s+1} - 1)\{(q^E)^{\varepsilon(s+1)} - (q^E)^{\varepsilon(s)}\}.$$

Et $\Sigma_{j\in\Lambda_m} \mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,j} = \mathfrak{N}^{(r)}_{k,n,mE}$ est égale à $n l_{mE} (q^E)^{\varepsilon(m)} = n (q^E)^{\varepsilon(m)}$. Puisque les extensions considérées K/k sont complètement ramifiées, f_0 est aussi le degré résiduel de K, d'où $f_0 E = N$ et $q^E = p^{f_0 E} = p^N$. Ainsi, on a $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n} = n\{p^{\varepsilon(m)N} + \Sigma_{0\leqq s<m} (p^{s+1} - 1)(p^{\varepsilon(s+1)N} - p^{\varepsilon(s)N})\}$.

Si l'on pose $P(s) = p^{\varepsilon(s)N}$, et si l'on considère l'expression entre les crochets comme une combinaison linéaire $\Sigma_s u(s) P(s)$ des $P(s)$ $(s = 0, 1, \ldots, m)$, on a $u(m) = 1 + (p^m - 1) = p^m$, $u(s) = (p^s - 1) - (p^{s+1} - 1)$, donc est $-(p^{s+1} - p^s)$ quand $0 < s < m$ et $u(0) = -(p-1) = -(p^{0+1} - p^0)$. Ainsi, la somme précédente est $p^m P(m) - \Sigma_{0\leqq s<m} (p^{s+1} - p^s) P(s)$. Si, maintenant, on la considère comme une combinaison linéaire $\Sigma_s U(s) p^s$ des p^s $(s = 0, 1, \ldots, m)$, on voit que $U(m) = P(m) - P(m-1)$, $U(s) = P(s) - P(s-1)$ si $0 < s < m$ et $U(0) = P(0)$. Si l'on pose $\varepsilon(-1) = -\infty$, on a $P(-1) = p^{\varepsilon(-1)N} = p^{-\infty} = 0$, donc on peut écrire, également, $U(0) = P(0) - P(-1)$ et la formule $U(s) = P(s) - P(s-1)$ devient universellement valable. On a donc, avec cette convention, $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n} = n \Sigma_{0\leqq s\leqq m} p^s \{P(s) - P(s-1)\}$, ce qui prouve la première formule du théorème 2.

13. En vertu de la théorie de la ramification [non galoisienne ([2])], toute extension algébrique finie K d'un corps valué complet k possède le corps d'inertie K_Z, ce corps $\subseteq K$ étant tel que K_Z/k soit non ramifiée et que K/K_Z

soit complètement ramifiée. Ainsi, toutes les extensions K/k ($K \subseteq \mathfrak{k}$) de degré n s'obtiennent en prenant, d'abord, une extension non ramifiée arbitraire de k de degré f divisant n, et en prenant, ensuite, une extension complètement ramifiée arbitraire de degré n/f de la précédente (ces extensions étant, bien entendu, $\subseteq \mathfrak{k}$), et chaque extension de degré n de k est obtenue une seule fois par ce procédé. Or, si k est $\mathfrak{p}$-adique, il existe, pour tout f, une et une seule extension non ramifiée $k^{(f)}$, donc $\mathfrak{N}_{k,n} = \Sigma_{f \mid n} \mathfrak{N}^{(r)}_{k^{(f)}, n/f}$.

Si $n_{0,f}$ et N_f sont les degrés par rapport à Q_p de $k^{(f)}$ et de son extension complètement ramifiée de degré n/f, on a $n_{0,f} = n_0 f$ et $N_f = (n_0 f)(n/f) = n_0 n = N$. Soit $f = \Delta p^{\mu}$, où $\Delta \not\equiv 0 \pmod{p}$. Quand f parcourt les diviseurs de n, Δ et μ (et, également $d = h/\Delta$ et $\mu' = m - \mu$) parcourent indépendamment respectivement tous les diviseurs de h et tous les entiers du segment $[0, m]$. Et, comme $n/f = dp^{\mu}$, on a

$$\mathfrak{N}^{(r)}_{k^{(f)}, n/f} = dp^{\mu'} \Sigma_{0 \leq s \leq \mu'} p^s \{ p^{\varepsilon(s) N_f} - p^{\varepsilon(s-1) N_f} \},$$

donc, en vertu de $N = N_f$, est égal à $d \Sigma_{0 \leq s \leq \mu'} p^{s+\mu'} U(s)$. Par suite, $\mathfrak{N}_{k,n}$ est $\Sigma_{d \mid h} \Sigma_{0 \leq \mu' \leq m} (d \Sigma_{0 \leq s \leq \mu'} p^{s+\mu'} U(s))$. Cette expression est le produit des facteurs $\Sigma_{d \mid h} d$ et $\Sigma_{0 \leq \mu' \leq m} (\Sigma_{0 \leq s \leq \mu'} p^{s+\mu'} U(s))$, et en changeant l'ordre de sommation dans le second facteur, on voit qu'il est aussi égal à $\Sigma_{0 \leq s \leq m} (\Sigma_{s \leq \mu' \leq m} p^{\mu'}) p^s U(s)$. Comme $\Sigma_{s \leq \mu' \leq m} p^{\mu'}$ est $(p^{m+1} - p^s)/(p - 1)$, ce second facteur est $\Sigma_{0 \leq s \leq m} [(p^{m+s+1} - p^{2s})/(p - 1)] U(s)$, ce qui prouve la seconde formule du théorème 2.

14. Puisque h et m sont fonctions des p et n et puisque $N = n_0 n$, on voit que $\mathfrak{N}^{(r)}_{k,n}$ et $\mathfrak{N}_{k,n}$ ne dépendent que des p, n et $n_0 = (k : Q_p)$. On sait que le groupe de Galois $G_{\mathfrak{k}/k}$ de $\mathfrak{k}/k$ (et, également, les nombres $\mathfrak{N}^{(a)}_{k,n}$ et $\mathfrak{N}^{(g)}_{k,n}$ des extensions abéliennes respectivement galoisiennes de degré n de k) dépendent de certains autres paramètres, telle la présence ou l'absence dans k des racines $p^{\text{ièmes}}$ primitives de l'unité. Ainsi, bien que $G_{\mathfrak{k}/k}$ dépende de ces autres paramètres, le nombre de ses sous-groupes fermés d'indice fini donné n'en dépend pas (tandis que le nombre de tels sous-groupes de $G_{\mathfrak{k}/k}$ qui, en plus, sont invariants ou contiennent son commutateur, peut en dépendre).

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3470 et 255, 1962, p. 224, 1682 et 2342.

(2) *Voir*, par exemple, M. KRASNER, *Mathematica* (Cluj), 13, 1937, p. 72-79, lemme 5 (p. 85); *Comptes rendus*, 220, 1945, p. 28.

(*Faculté des Sciences de Clermont.*)

ALGÈBRE. — *Sur une classe d'anneaux commutatifs.*
Note (*) de Mlle **Lucette Dutheil**, présentée par M. René Garnier.

Étude des anneaux (resp. modules) dont tout idéal (resp. sous-module) projectif est facteur direct.

Les anneaux considérés sont commutatifs avec élément unité; les modules sont unitaires. Un module ∇ est un module dans lequel tout sous-module projectif est facteur direct. Un anneau A est ∇ s'il est ∇ comme A-module. Dans un anneau ∇ tout élément qui n'est pas diviseur de O est inversible; si l'anneau est nœthérien, il est semi-local. Tout module de torsion sur un anneau intègre est ∇, car il ne contient pas de sous module projectif.

Proposition 1. — *Soit* A *un anneau nœthérien; pour que* A *soit* ∇ *il faut et il suffit que tout élément qui n'est pas diviseur de* o *soit inversible.*

Proposition 2. — *Tout module projectif de type fini sur un anneau* ∇ *nœthérien est* ∇.

Proposition 3. — *Si* A *est un anneau nœthérien* ∇, lGD (A) *est égale à* -1, o, *ou* ∞. *Si* A *est nœthérien,* A *est* $\nabla \Rightarrow lf$PD (A) = o. [Notations de (1)].

Les propositions 1 et 2 sont contenues dans (1), théorème 5.4. Elles peuvent aussi se démontrer par localisation. Soit A un anneau ∇ nœthérien, $\mathfrak{p}$ un idéal premier associé à A. (On peut considérer en particulier les idéaux maximaux, qui sont associés à A.) Il existe $a \in A$, $a \neq 0$ tel que $\mathfrak{p} = \operatorname{Ann} a$. L'idéal maximal de $A_\mathfrak{p}$ est $\mathfrak{p}_\mathfrak{p}$; si $a \notin \mathfrak{p}$, $\mathfrak{p}_\mathfrak{p} = (0)$, $A_\mathfrak{p}$ est un corps, donc est ∇. Si $a \in \mathfrak{p}$, les a/s, $s \in A - \mathfrak{p}$, ne sont pas nuls, car $\mathfrak{p} = \operatorname{Ann} a$. Soit alors un élément non nul p/s', de $\mathfrak{p}_\mathfrak{p}$, $p \in \mathfrak{p}$, $s' \in A - \mathfrak{p}$; $(a/s) \times (p/s') = 0$; donc tous les éléments de $\mathfrak{p}_\mathfrak{p}$ sont diviseurs de o. On démontre les propositions 1 et 2 dans le cas local, et l'on passe au cas général, car les modules considérés sont cohérents. On voit que le localisé d'un anneau nœthérien A∇ par un idéal premier $\mathfrak{p} \in \operatorname{Ass}(A)$ est ∇. Si $\mathfrak{p} \notin \operatorname{Ass}(A)$, ce résultat est en défaut; en effet, soit l'anneau

$$A = k[[xy]][t], \quad \text{avec} \quad t^2 = tx = ty = 0,$$

k étant un corps; alors A est ∇ local; pour $\mathfrak{p} = (x, t)$, $A_\mathfrak{p}$ est intègre et ce n'est pas un corps, donc il n'est pas ∇. La proposition 3 découle de la proposition 2.

Corollaires de la proposition 1. — 1° *Tout anneau artinien est* ∇; 2° *Le produit direct d'un nombre fini d'anneaux* ∇ *nœthériens est* ∇; 3° *Soit* A *un anneau nœthérien;* $\bigcup \mathfrak{p}_i$ *la réunion des idéaux premiers* $\mathfrak{p}_i \in \operatorname{Ass}(A)$. *Posons*

$$S = A - \bigcup \mathfrak{p}_i.$$

Alors $S^{-1}A$ *est* ∇; 4° *Soit* A *un anneau local nœthérien,* $\mathfrak{m}$ *son idéal maximal,* $\hat{A}$ *le séparé complété de* A *pour la topologie* $\mathfrak{m}$*-adique. Alors :* A *est* $\nabla \Leftrightarrow \hat{A}$ *est* ∇.

1°, 2° et 3° sont triviaux. Pour 4°, $\hat{A}$ est $\nabla \Rightarrow A$ est ∇, car, si l'image canonique de $a \in A$ est un diviseur de o dans $\hat{A}$, a est diviseur de o dans A. A est $\nabla \Rightarrow \hat{A}$ est ∇, car il existe $a \in A$, $a \neq 0$, tel que $a\mathfrak{m} = 0$. Par continuité, $\bar{a}\hat{\mathfrak{m}} = 0$, $\bar{a}$ étant l'image canonique de a dans $\hat{A}$.

Corollaire de la proposition 2. — *Soient* E *et* F *deux modules projectifs de type fini sur un anneau* A *nœthérien* ∇. *Alors : a.* $\mathrm{Hom}_A(E, F)$, $E \otimes_A F$, $E \oplus F$, $\overset{k}{\wedge} E$ *(k entier* > o*), sont des* A*-modules* ∇; *b. Si* E′ *et* E″ *sont deux sous-modules de* E *tels que* $E' + E''$ *et* $E' \cap E''$ *soient projectifs,* E′ *et* E″ *sont projectifs.*

a est trivial; b résulte du fait que E est cohérent, de [2] (chap. II, § 5, exerc. 22) et de [2] (chap. I, § 2, exerc. 24 c).

Lemme. — *Tout facteur direct d'un module* ∇ *quelconque est* ∇.

Proposition 4. — *Dans un module* ∇ *nœthérien* E *toute suite strictement décroissante de sous-modules projectifs est stationnaire.*

Soit

$$E_1 \supset \ldots \supset E_n \supset E_{n+1} \supset \ldots \quad (1)$$

une telle suite. $E = E_n \oplus F_n$, $E = E_{n+1} \oplus F_{n+1}$. D'après le lemme,

$$E_n = E_{n+1} \oplus G, \qquad E_n \neq E_{n+1} \Leftrightarrow G \neq (0).$$

Donc $E = E_{n+1} \oplus G \oplus F_n$, donc F est strictement contenu dans un complément de E_{n+1}, que nous appellerons F_{n+1}. La suite strictement croissante $F_1 \subset \ldots \subset F_n \subset F_{n+1} \subset \ldots$ étant stationnaire, il en est de même de (1).

Lemme. — *Soit un anneau nœthérien* A *tel que toute suite du type*

$$Ax^n \supset Ax^{n+1} \supset \ldots \supset Ax^{n+p} \supset \ldots, \qquad x \in A, \qquad Ax^n \simeq Ax^{n+1} \simeq \ldots \simeq Ax^{n+p} \simeq \ldots,$$

soit stationnaire. Alors A *est artinien.*

Corollaire. — *Pour qu'un anneau* A∇ *nœthérien soit artinien, il faut et il suffit que toute suite*

$$Ax^n \supset Ax^{n+1} \supset \ldots \supset Ax^{n+p} \supset \ldots, \qquad x \in A, \qquad Ax^n \simeq Ax^{n+1} \simeq \ldots \simeq Ax^{n+p} \simeq \ldots,$$

Ax^{n+p} *n'étant pas projectif, soit stationnaire.*

Lemme. — *Soit* A *un anneau. On suppose qu'il existe dans* A *un idéal minimal* I *tel que* A/I *soit un* A*-module projectif* ∇. *Alors* A *est* ∇.

Comme A/I est projectif et V, tout idéal projectif J contenant I est facteur direct de A. Pour un idéal J ne contenant pas I, on a $J \cap I = (0)$ et l'on raisonne sur $J + I$.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) BASS, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 95, 1960, p. 466.
(2) BOURBAKI, *Algèbre commutative.*
(3) CARTAN et EILENBERG, *Homological algebra.*
(4) SAMUEL, *Anneaux factoriels,* Cours à la Sorbonne, 1962.
(5) ZARISKI et SAMUEL, *Commutative algebra.*

(*Faculté des Sciences de Paris.*)

ALGÈBRE. — *Sur une conjecture de Grothendieck.*
Note (*) de M. **Pierre Samuel**, présentée par M. René Garnier.

On montre que, si A est un anneau local analytiquement normal, l'anneau de séries formelles A [[T]] est parafactoriel.

Étant donné un anneau de Krull A, nous désignerons par C (A) [ou Cl (A)] son groupe des classes de diviseurs. Un élément $p \neq 0$ de A sera dit premier si l'idéal Ap est premier. Rappelons que, si S est une partie multiplicative de A engendrée par des éléments premiers, l'homomorphisme canonique $C(A) \to C(S^{-1}A)$ est bijectif [*voir* (1), chap. VII ou (3), § 1, prop. 2]. Le lemme suivant nous sera utile :

Lemme. — *Soient* A *un anneau nœthérien intégralement clos (donc de Krull),* S *une partie multiplicative saturée de* A. *Les assertions suivantes sont équivalentes :*

(*a*) S *est engendrée par des éléments premiers;*

(*b*) *tout élément irréductible de* S *est premier;*

(*c*) *tout idéal divisoriel* $\mathfrak{b}$ *de* A *tel que* $S \cap \mathfrak{b} \neq \emptyset$ *est principal.*

Rappelons que S est dite saturée si tout diviseur d'un élément de S appartient à S [*cf.* (1), chap. II, § 2, exerc. 1]. Il est clair que (*a*) implique (*b*). Inversement (*b*) implique (*a*) car, comme A est nœthérien, tout élément s de S est produit d'éléments irréductibles t_i, qui sont tous dans S vu que S est saturée; les t_i sont donc premiers, vu (*b*).

Montrons que (*a*) implique (*c*). Soit $\mathfrak{b}$ un idéal divisoriel rencontrant S. Écrivons $\mathfrak{b} = \bigcap_{i=1}^{n} \mathfrak{p}_i^{(n(i))}$, où les $\mathfrak{p}_i$ sont premiers divisoriels; chaque $\mathfrak{p}_i$ rencontre S. Prenons x_i dans $\mathfrak{p}_i \cap S$; c'est un produit de facteurs premiers par (*a*); comme $\mathfrak{p}_i$ est premier, l'un de ces facteurs, soit z_i, est dans $\mathfrak{p}_i$; comme $\mathfrak{p}_i \supset Az_i$ et que $\mathfrak{p}_i$ est de hauteur 1, on a $\mathfrak{p}_i = Az_i$. Alors $\mathfrak{b}$ est l'idéal principal engendré par $\prod_{i=1}^{n} z_i^{n(i)}$.

Montrons enfin que (*c*) implique (*b*). Soit $x \in S$ un élément irréductible. Il est contenu dans un idéal premier divisoriel $\mathfrak{p}$; vu (*c*), $\mathfrak{p}$ est principal, soit $\mathfrak{p} = Az$. Comme x est un multiple irréductible de z, il est associé à z, donc premier.

C. Q. F. D.

Théorème. — *Soit* A *un anneau nœthérien local analytiquement normal* [i. e. $\hat{A}$ *est intégralement clos, de sorte que* A *l'est aussi; cf.* (1), chap. III, § 3, n° 5, cor. 4 de la prop. 9]. *Soient* $\mathfrak{m}$ *l'idéal maximal de* A, B *l'anneau de séries formelles* B = A [[T]], *et* $\mathfrak{p}$ *l'idéal premier* $\mathfrak{m}$B. *Alors l'homomorphisme canonique* $C(B) \to C(B_{\mathfrak{p}})$ *est bijectif.*

Il s'agit de montrer que $S = B - \mathfrak{p}$ satisfait l'une des conditions du lemme. Supposons d'abord A *complet*. Soit s (T) un élément irréductible de S. D'après le théorème de préparation de Weierstrass, s (T) est associée (dans B) à un polynome distingué $a(T) \in A[T]$ [*voir* ([6]), chap. VII, § 1, cor. 1 du th. 5; noter que ce qui est fait là reste valable si l'on remplace l'anneau $K[[X_1, \ldots, X_{n-1}]]$ par un anneau local complet quelconque A]. Par réduction mod $\mathfrak{m}$, on voit que tout diviseur de a (T) dans A [T] est un polynome distingué, donc une série formelle non inversible s'il n'est pas constant; ainsi a (T) est irréductible dans A [T]. Soit K le corps des fractions de A; si a (T) était le produit de deux polynomes unitaires sur K, ceux-ci auraient leurs coefficients dans A d'après un théorème de Kronecker [([2]), nº 45, p. 125, ou ([1]), chap. V]; donc a (T) est un élément irréductible de K [T]. Comme a (T) est unitaire, il est par conséquent d'ordre o pour toutes les valuations essentielles de A [T] sauf une; c'est donc un élément premier de A [T]. Enfin, comme $A[T]/(a(T))$ et $A[[T]]/(s(T))$ sont isomorphes [([6]), chap. VII, § 1, cor. 2 du th. 5, p. 146], s (T) est un élément premier de $B = A[[T]]$, ce qui démontre notre assertion quand A est complet.

Passons au cas général. Soit $\mathfrak{b}$ un idéal divisoriel de B rencontrant S. Comme $\hat{B} (= \hat{A}[[T]])$ est plat sur B, $\mathfrak{b}\hat{B}$ est divisoriel [*cf.* ([1]), chap. VII ou ([4]), § 1]; on a

$$\mathfrak{b}\hat{B} \cap (\hat{B} - \mathfrak{p}\hat{B}) = \mathfrak{b}\hat{B} \cap (\hat{B} - \hat{\mathfrak{m}}.\hat{B}) \neq \emptyset.$$

Donc, vu que $\hat{A}$ est intégralement clos, la première partie de la démonstration et le lemme montrent que $\mathfrak{b}\hat{B}$ est principal. Ainsi $\mathfrak{b}$ lui-même est principal [([1]), chap. III, § 3, nº 5, cor. 3 de la prop. 9], de sorte que S satisfait la condition c du lemme.

C. Q. F. D.

Application. — L'auteur a donné [([3]), ([4]) ou ([5])] des exemples d'anneaux locaux factoriels A tels que $B = A[[T]]$ ne soit pas factoriel; dans ces exemples, A est nœthérien et analytiquement normal (c'est l'anneau local de l'origine sur une surface d'équation $x^i + y^j + z^k = 0$, où i, j, k sont étrangers deux à deux). Alors $B_\mathfrak{p}$ (notations du théorème) n'est pas factoriel, puisque $C(B_\mathfrak{p}) \neq 0$. Ceci avait été conjecturé par M. A. Grothendieck.

Gardons les hypothèses et notations du théorème. Supposons que A n'est pas un corps. Notons $\mathfrak{m}$ (B) l'idéal maximal de B. Considérons $X' = \operatorname{Spec}(B)$ comme un schéma, et soit X le sous-schéma ouvert $X = X' - \{\mathfrak{m}(B)\}$. Soit $\mathfrak{I}$ un faisceau cohérent d'idéaux inversibles sur X; il lui correspond [*cf.* ([7])] un diviseur $\mathfrak{d}$ de X [ou de B, ce qui revient au même car, vu que A n'est pas un corps, l'idéal premier $\mathfrak{m}$(B) n'est pas divisoriel]; le diviseur $\mathfrak{d}$ est localement principal sur X. Comme $\mathfrak{p} \in X$, la restriction $\mathfrak{d}'$ de $\mathfrak{d}$ à $B_\mathfrak{p}$ est un diviseur principal. La classe de $\mathfrak{d}'$ dans $C(B_\mathfrak{p})$ est donc nulle. D'après le théorème, il en est de même de celle de $\mathfrak{d}$

dans C (B); donc $\mathfrak{d}$ est principal, de sorte que $\mathfrak{I}$ est principal. Avec les notations de ([7]), on a donc

$$\text{Pic}(X) = 0. \tag{1}$$

Enfin, comme B admet une B-suite composée de T et d'un autre élément, on a le

COROLLAIRE. — *Soit* A *un anneau local nœthérien analytiquement normal qui n'est pas un corps. Alors l'anneau de séries formelles* A [[T]] *est parafactoriel* [*cf.* ([7])].

Ce corollaire avait aussi été conjecturé par M. A. Grothendieck.

Des résultats analogues aux nôtres ont été trouvés, indépendemment, par MM. Seshadri et Ramanujam.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) BOURBAKI, *Algèbre commutative*, Hermann, Paris.
([2]) KRULL, *Idealtheorie*, Springer, Berlin, 1935.
([3]) SAMUEL, *Ill. J. Math.*, 5, 1961, p. 1-17.
([4]) SAMUEL, *Bull. Soc. Math. France*, 89, 1961, p. 155-173.
([5]) SAMUEL, *Classes de diviseurs et dérivées logarithmiques*, Séminaire Dubreil, 1962-1963.
([6]) ZARISKI et SAMUEL, *Commutative algebra*, vol. 2, Van Nostrand, Princeton, 1960.
([7]) GROTHENDIECK, *Séminaire de Géométrie algébrique*, 1961-1962, exposé XI, I. H. E. S., Paris.

(*Paris, École Normale Supérieure de Jeunes Filles.*)

TOPOLOGIE DIFFÉRENTIELLE. — *Sur les sommes connexes de certaines variétés différentiables.* Note (*) de M. **Itiro Tamura**, présentée par M. Paul Montel.

Soit $\{\overline{B}_{m,n}, S^4, D^4\}$ le fibré de base S^4, fibre D^4 (la 4-boule) avec l'application caractéristique $m\rho + n\sigma \in \pi_3(SO(4))$, où ρ, σ sont les générateurs de $\pi_3(SO(4)) \approx Z + Z$ définis par $\rho(q)q' = qq'q^{-1}$, $\sigma(q)q' = qq'$, q, q' étant des quaternions de norme 1. $\overline{B}_{m,n}$ a le type d'homotopie de S^4. La base S^4 représente un générateur $[\alpha]$ de $H_4(\overline{B}_{m,n}; Z) \approx Z$. On notera α un générateur de $H^4(\overline{B}_{m,n}; Z) \approx Z$ dual à $[\alpha]$.

Les structures différentiables (usuelles) de S^4 et D^4 donnent une structure différentiable à $\overline{B}_{m,n}$. Désignons par $B_{m,n}$ le bord de $\overline{B}_{m,n}$, qui est l'espace total du fibré de base S^4, fibre S^3. On sait que $H^4(B_{m,n}; Z) \approx Z_n$ [1]. Donc la valeur absolue du nombre d'intersection $[\alpha]\circ[\alpha]$ est n. On donne à $\overline{B}_{m,n}$ l'orientation telle que

$$[\alpha]\circ[\alpha] = n. \qquad (1)$$

(Dans le cas $n = 0$, on donne une orientation arbitrairement.)

Alors $\overline{B}_{m,n}$ est une variété différentiable compacte orientée de dimension 8, et $B_{m,n}$ est une variété différentiable compacte orientée sans bord de dimension 7, la structure étant compatible avec celle de $\overline{B}_{m,n}$. On sait que [1] la classe de Pontrjagin de $\overline{B}_{m,n}$ est

$$p_1(\overline{B}_{m,n}) = 2(2m + n)\,\alpha. \qquad (2)$$

On va démontrer le résultat suivant :

Théorème. — *La somme connexe de* $B_{mn+[(n^2+n)/2],\,1-n^2}$ *et* $B_{m,1}$ *est difféomorphe à* $B_{m+[(n^2+n)/2],\,1-n^2}$ (*par un difféomorphisme préservant les orientations*) :

$$B_{mn+\frac{n^2+n}{2},\,1-n^2} \# B_{m,1} = B_{m+\frac{n^2+n}{2},\,1-n^2}.$$

Démonstration. — Désignons par α un générateur de

$$H^4\left(\overline{B}_{mn+\frac{n^2+n}{2},\,1-n^2}; Z\right),$$

et par α' un générateur de $H^4(\overline{B}_{m,1}; Z)$. On a donc

$$\begin{cases} [\alpha]\circ[\alpha] = 1 - n^2, \\ [\alpha']\circ[\alpha'] = 1. \end{cases} \qquad (3)$$

On prend deux plongements φ et φ' de la boule orientée D^7 de dimension 7 dans $B_{mn+[(n^2+n)/2],\,1-n^2}$ et $B_{m,1}$ respectivement, tels que φ préserve les orientations et que φ' les renverse. Soit W la variété compacte orientée

obtenue par recollement de $\overline{B}_{mn+[(n^2+n)/2], 1-n^2}$ et $\overline{B}_{m,1}$ en identifiant $\varphi(x)$ et $\varphi'(x)$ pour tout $x \in D^7$. On a alors

$$\partial W = B_{mn+\frac{n^2+n}{2}, 1-n^2} \# B_{m,1}.$$

Évidemment on a $\pi_i(W) = 0$ ($i = 0, 1, 2, 3$) et $\pi_4(W) \approx H_4(W; Z) \approx Z + Z$ qui est engendré par $[\alpha]$, $[\alpha']$.

Soient $f : S^4 \to V$, $g : S^4 \to V$ des applications telles que

$$(4) \qquad \begin{cases} [f(S^4)] = n[\alpha] + (1-n^2)[\alpha'], \\ [g(S^4)] = [\alpha] - n[\alpha'], \end{cases}$$

où $[f(S^4)]$, $[g(S^4)]$ désignent les classes de $H_4(W; Z)$ représentées par $f(S^4)$, $g(S^4)$ respectivement. Il est évident que $[f(S^4)]$, $[g(S^4)]$ est un système de générateurs de $H_4(W; Z)$. D'après (3) et (4), on a

$$(5) \qquad \begin{cases} [f(S^4)] \circ [f(S^4)] = 1 - n^2, \\ [g(S^4)] \circ [g(S^4)] = 1, \\ [f(S^4)] \circ [g(S^4)] = 0. \end{cases}$$

D'après le théorème de Whitney, on peut supposer que f et g sont des plongements dans $W - \partial W$ et que

$$f(S^4) \cap g(S^4) = \emptyset.$$

Soient N_f et N_g des voisinages tubulaires de $f(S^4)$ et de $g(S^4)$ respectivement dans $W - \partial W$, tels que

$$N_f \cap N_g = \emptyset.$$

Alors on a deux fibrés $\{N_f, S^4, D^4\}$, $\{N_g, S^4, D^4\}$ de base S^4, fibre D^4. Désignons par $i : N_f \to W$, $i' : N_g \to W$ les plongements de N_f et de N_g dans W. Il est aisé de voir que

$$(6) \qquad \begin{cases} p_1(N_f) = i^* p_1(V) = 2(2m + n + 1)\{f(S^4)\}, \\ p_1(N_g) = i'^* p_1(V) = 2\{g(S^4)\}, \end{cases}$$

où $\{f(S^4)\}$, $\{g(S^4)\}$ sont les classes de cohomologie duales à $[f(S^4)]$, $[g(S^4)]$ respectivement. Donc on peut vérifier, d'après (1), (2), (5) et (6), que N_f et N_g sont difféomorphes à $\overline{B}_{m+[(n^2+n)/2], 1-n^2}$ et à $\overline{B}_{0,1}$ respectivement.

$\partial N_g = B_{0,1}$ est la sphère usuelle. Soit W′ la variété compacte orientée obtenue par recollement de $W - \text{Int}\, N_g$ et de la boule D^8 le long de ∂N_g et ∂D^8 au moyen d'un difféomorphisme. Il est aisé de voir que $\pi_i(W') = 0$ ($i = 0, 1, 2, 3$) et $\pi_4(W') \approx H_4(W'; Z) \approx Z$ qui est engendré par $[f(S^4)]$.

Considérons la variété compacte orientée $W'' = W' - \text{Int}\, N_f$ dont les bords sont $\partial W = B_{mn+[(n^2+n)/2], 1-n^2} \# B_{m,1}$ et $\partial N_f = B_{m+[(n^2+n)/2], 1-n^2}$. On peut vérifier que les injections $\partial W \to W''$, $\partial N_f \to W''$ sont des homotopie-équivalences. Alors $B_{mn+[(n^2+n)/2], 1-n^2} \# B_{m,1}$ et $B_{m+[(n^2+n)/2], 1-n^2}$ sont h-cobordants (J-équivalentes). Donc, d'après le théorème de Smale ([2]), ces deux variétés sont difféomorphes.

COROLLAIRE 1 : $B_{mn+[(n^2+n)/2], 1-n^2}$ *et* $B_{m+[(n^2+n)/2], 1-n^2}$ *sont homéomorphes.* (En effet, $B_{m,1}$ est homéomorphe à S^7.)

COROLLAIRE 2 : $B_{m,0} \# B_{m-1,1} = B_{m,0}$.

Soient M une variété différentiable compacte orientée sans bord de dimension n, et Θ^n le groupe des classes de variétés difféomorphes orientées homéomorphes à S^n $(n \geqq 5)$ (3). Désignons par $\Theta^n(M)$ l'ensemble des classes difféomorphes orientées des variétés $M \# \tilde{S}^n$, où $\tilde{S}^n$ est un élément de Θ^n. On sait que l'invariant λ' (3) de $B_{m,1}$ est égal à $[-m(m+1)]/2 \bmod 28$ (4). Donc, si $m(m-1) \not\equiv 0 \bmod 4$, $\not\equiv 0 \bmod 7$, $B_{m-1,1}$ est un générateur de Θ^7. Alors, d'après le corollaire 2, on a $\Theta^7(B_{m,0}) = \{B_{m,0}\}$ si $m(m-1) \not\equiv 0 \bmod 4$, $\not\equiv 0 \bmod 7$.

Remarque. — La somme connexe des variétés différentiables sous-jacentes à deux fibrés de base S^4, fibre S^3 n'est pas toujours difféomorphe à la variété d'un fibré de base S^4, fibre S^3. Par exemple, la somme connexe $B_{1,1} \# B_{1,1}$ n'est pas difféomorphe à la variété d'un fibré de base S^4, fibre S^3, parce que $\lambda'(B_{1,1} \# B_{1,1}) = -2$ et qu'il n'existe pas d'entier m tel que $[-m(m+1)]/2 = -2 \bmod 28$.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) I. TAMURA, *J. Math. Soc. Japan*, 9, 1957, p. 250-262.

(2) S. SMALE, *Ann. Math.*, 74, 1961, p. 391-406.

(3) J. MILNOR, *Differentiable manifolds which are homotopy spheres (mimeographed)*, Princeton University, 1959.

(4) I. TAMURA, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 768; *J. Math. Soc. Japan*, 13, 1961, p. 383-386.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur le spectre d'un opérateur linéaire continu dans un espace de Banach.* Note (*) de M. **Pierre Saphar**, présentée par M. Gaston Julia.

T étant un opérateur linéaire continu d'un espace de Banach complexe E dans lui-même, on étudie l'ensemble des z complexes tels que $T - z$ ait un inverse à droite. On en déduit un calcul fonctionnel qui généralise celui introduit par N. Dunford. Application aux sous-espaces stables pour T.

1. Soit E un espace de Banach sur le corps des complexes C, T un opérateur linéaire continu de E dans E. Nous emploierons les notations et les résultats de [1]. D'après le théorème 1 de [1], au voisinage de chaque point de R (T), il existe une fonction holomorphe F, définie dans ce voisinage, à valeurs dans $\mathcal{L}(E)$, telle que

$$(T - z)\,F(z)\,(T - z) = T - z.$$

Le problème se pose de savoir si l'on peut choisir F ayant la propriété précédente et définie dans R (T) tout entier. Nous avons résolu ce problème dans un cas particulier :

Théorème 1. — *Il existe une fonction holomorphe* F, *définie dans* $\bigcup_{n\in N} S_1(n, 0; T)$, *à valeurs dans* $\mathcal{L}(E)$, *ayant les propriétés suivantes :*

a. Pour tout z de $\bigcup_{n\in N} S_1(n, 0; T)$, $(T - z)F(z) = 1$;

b. Pour tout couple de points z et z' d'une composante connexe quelconque de $\bigcup_{n\in N} S_1(n, 0; T)$,

$$F(z) - F(z') = (z - z')\,F(z)\,F(z'). \tag{1}$$

Dans toute la suite, D désignera une composante connexe de $\bigcup_{n\in N} S_1(n, 0; T)$.

Remarque. — En général les conditions *a* et *b* du théorème précédent sont indépendantes. On peut démontrer le résultat suivant :

Toute fonction F *holomorphe, satisfaisant à la condition a, vérifie l'égalité* (1) *pour tout couple z et z' de* D *si et seulement si* $D \subset S_1(0, 0; T)$.

2. A l'aide de la fonction F définie dans le théorème 1, on peut construire un calcul fonctionnel analogue à celui défini par N. Dunford [2].

Désignons par σ_0, une partie ouverte et compacte de $C - D$.

Soit Δ un voisinage ouvert de σ_0, $H(\Delta)$ l'algèbre des fonctions holomorphes dans Δ, à valeurs complexes, munie de la topologie de la convergence compacte. γ désignera un cycle sur $(\Delta - \sigma_0) \cap D$ tel que tout point

de σ_0 soit d'indice $+1$ par rapport à γ et que tout point $C - (D \cup \sigma_0)$ soit d'indice o par rapport à γ. Soit Γ l'ensemble des cycles tels que γ. Si $f \in H(\Delta)$, nous pouvons énoncer le :

THÉORÈME 2. — *L'application*

$$f \to L_\Delta(f) = -\frac{1}{2\pi i}\int_\gamma f(t)\, F(t)\, dt$$

est une représentation continue de $H(\Delta)$ *dans* $\mathcal{L}(E)$, *qui ne dépend pas du choix de* γ *dans* Γ.

Désignons par $\mathcal{H}(\sigma_0)$ l'algèbre des fonctions holomorphes, à valeurs complexes, définies dans un voisinage de σ_0 qui peut dépendre de la fonction, et par $H(\sigma_0)$ l'algèbre des classes d'équivalences des fonctions de $\mathcal{H}(\sigma_0)$, deux fonctions appartenant à la même classe si et seulement s'il existe un voisinage de σ_0 dans lequel elles sont identiques. Nous munirons $H(\sigma_0)$ de la topologie de limite inductive des algèbres $H(\Delta)$. Soit $f \in \mathcal{H}(\sigma_0)$, Δ_f le domaine de définition de f, $\hat{f}$ la classe de f dans $H(\sigma_0)$. On vérifie immédiatement que si $g \in \hat{f}$, $L_{\Delta_f}(f) = L_{\Delta_g}(g)$. On en déduit le :

THÉORÈME 3. — *L'application*

$$\hat{f} \to L_{\sigma_0}(\hat{f}) = L_{\Delta_f}(f)$$

est une représentation continue de $H(\sigma_0)$ *dans* $\mathcal{L}(E)$.

3. APPLICATIONS AUX SOUS-ESPACES STABLES POUR T. — Notons $\hat{1}$ la classe des fonctions de $H(\sigma_0)$ qui contient la fonction $z \to 1$. Posons $P_{\sigma_0} = L_{\sigma_0}(\hat{1})$ et $M_{\sigma_0} = P_{\sigma_0}(E)$.

THÉORÈME 4. — P_{σ_0} *est un projecteur dont le domaine de valeurs*, M_{σ_0}, *est stable par* T. *De plus, le spectre de* $T \mid M_{\sigma_0}$ *est contenu dans* σ_0.

THÉORÈME 5. — *Pour que* $P_{\sigma_0} = 0$, *il faut et suffit que* $\sigma_0 = \emptyset$.

THÉORÈME 6. — *Pour que* $P_{\sigma_0} = 1$, *il faut et suffit que* D *soit la composante connexe non bornée de* $S_1(0, 0; T)$ *et que* σ_0 *contienne le spectre de* T.

La condition suffisante du théorème 6 représente un résultat de Lorch (3).

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) SAPHAR, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3946.

(2) DUNFORD et SCHWARTZ, *Linear Operators*, Interscience Publishers, 1958.

(3) LORCH, *Trans. Amer. Math. Soc.*, 52, 1942, p. 238-248.

ÉQUATIONS FONCTIONNELLES. — *Propriétés d'une matrice cyclique et ses applications à une équation fonctionnelle.* Note (*) de MM. **Dragoslav S. Mitrinović** et **Dragomir Ž. Djoković**, présentée par M. Maurice Fréchet.

On donne la solution d'un problème de décomposition de la matrice cyclique (1.1) en deux parties vérifiant certaines conditions. On applique des résultats obtenus à un type d'équations fonctionnelles. De nombreuses généralisations de problèmes connexes sont possibles.

1. Considérons la matrice cyclique de l'ordre n que voici :

$$(1.1) \qquad A(n)=\begin{bmatrix} 1 & 2 & \dots & n-1 & n \\ 2 & 3 & \dots & n & 1 \\ . & . & \dots & \dots & . \\ n & 1 & \dots & n-2 & n-1 \end{bmatrix}.$$

Divisons la $i^{\text{ième}}$ ligne ($i=1, 2, \dots, n$) de A (n) en deux parties : la première composée de ν_i ($1 \leqq \nu_i \leqq n-1$) premiers éléments et la seconde des autres éléments de cette ligne.

Toutes les premières parties des lignes de A (n) font la première partie de A (n). On définit la seconde partie de A (n) par une voie analogue.

Nous avons démontré les deux théorèmes suivants :

Théorème 1. — *Pour que chaque élément de* A (n) *apparaisse* p ($1 \leqq p \leqq n-1$) *fois dans la première partie de* A (n) (*et* $n-p$ *fois dans la seconde partie*), *il faut et il suffit que les conditions suivantes soient vérifiées :*

1° *Les derniers éléments des premières parties de toutes les lignes de* A (n) *sont différents entre eux;*

2° *L'inégalité* $i+\nu_i > n$ *est satisfaite précisément pour* p *valeurs de* i ($=1, 2, \dots, n$).

Théorème 2. — *Le nombre total de différentes manières de décomposition de la matrice* A (n) *en deux parties, vérifiant la condition* 1° *du théorème* 1, *est égal à*

$$n!\sum_{k=2}^{n}(-1)^k\frac{1}{k!}\cdot$$

2. A la matrice A (n), décomposée en deux parties, faisons correspondre l'équation fonctionnelle suivante :

$$(2.1) \qquad \sum_{i=1}^{n} f(x_i+x_{i+1}+\dots+x_{i-1+\nu_i},\ x_{i+\nu_i}+x_{i+1+\nu_i}+\dots+x_{i+n-1})=0,$$

avec

$$x_{i+n}\equiv x_i \qquad (i=1, 2, \dots, n-1).$$

On suppose que toutes les fonctions considérées sont des fonctions réelles des variables réelles.

THÉORÈME 3. — *Afin que l'équation* (2.1) *admette comme solution la fonction*

$$f(x, y) = (x - y) g(x + y),$$

$g(x)$, *fonction arbitraire, il faut et il suffit que :*

a. n soit pair;

b. la matrice A (n) *correspondante, satisfasse à la condition* 1° *du théorème* 1;

c. les $n/2$ *des nombres* $i + \nu_i$ $(i = 1, 2, \ldots, n)$ *soient supérieurs à* n.

Appelons E-équations celles du type (2.1) qui vérifient les conditions *a*, *b*, *c* du théorème 3.

Pour $n = 4$ il existe précisément trois E-équations différentes et 31 pour $n = 6$. Toutes ces équations se ramènent aux deux équations suivantes :

$$f(x, y) + f(y, x) = 0, \tag{2.2}$$

$$f(y + z, x) + f(z + x, y) + f(x + y, z) + f(0, x + y + z) = 0. \tag{2.3}$$

La solution générale de l'équation (2.2) est

$$f(x, y) = g(x, y) - g(y, x) \qquad [g(x, y), \text{ fonction arbitraire}].$$

La solution générale de l'équation (2.3) est [1]

$$f(x, y) = \varphi(x - y) g(x + y),$$

où $\varphi(x)$ désigne la solution générale de l'équation de Cauchy :

$$\Phi(x + y) = \Phi(x) + \Phi(y),$$

et $g(x)$ une fonction arbitraire.

Probablement, pour $n = 8, 10, 12, \ldots$ on aura les mêmes résultats relatifs à la résolution des E-équations dont le nombre croît rapidement avec n.

3. En connexion avec des problèmes traités dans cette Note on peut faire des généralisations intéressantes dans diverses voies et poser plusieurs questions. Ainsi, par exemple, on pourrait décomposer la matrice A (n) en plusieurs parties avec des conditions convenablement choisies.

Tout ceci, ainsi que la démonstration des résultats indiqués dans cette Note seront publiés sous peu dans un autre journal mathématique [2].

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) D. Ž. DJOKOVIĆ, *Publications de la Faculté d'Électrotechnique de l'Université de Belgrade*, série : *Mathématiques et Physique*, n° 63, 1961.

(2) *Ibid.*

GÉOMÉTRIE. — *Sur le transport tangentiel des fonctions harmoniques.* Note (*) de M. **Paul Vincensini**, présentée par M. Paul Montel.

Nous nous proposons, dans cette Note, de signaler une extension tangentielle de la notion de fonction harmonique transportée d'une fonction harmonique donnée $z(x, y)$ moyennant une transformation conforme quelconque $\mathfrak{T}$ du plan xOy.

On sait que si $m' = \mathfrak{T}m$, la fonction $z'(x', y')$ qui, en chaque point $m'(x', y')$, prend la même valeur que $z(x, y)$ au point $m(x, y)$, est une fonction harmonique (la fonction harmonique transportée par $\mathfrak{T}$ de z). Si $S[z = z(x, y)]$ et $S'[z' = z'(x', y')]$ sont les surfaces harmoniques images des fonctions z et z' dans l'espace euclidien ordinaire, la transformation ponctuelle de S en S' associant à chaque point M de S le point M' de S' dont la projection sur xOy est le point $m' = \mathfrak{T}m$ conserve les cotes des points transformés.

Il est possible, moyennant la transformation $\mathfrak{T}$, d'effectuer un transport de la fonction harmonique $z(x, y)$ conservant, en même temps que l'harmonicité, non plus les cotes de la surface représentative S de z, mais les directions de ses plans tangents, le plan tangent au point M de S de projection m étant parallèle au plan tangent à la nouvelle surface $\Sigma'[\zeta' = \zeta'(x', y')]$ (que nous dirons *transportée tangentielle* de S par $\mathfrak{T}$) au point M' de projection $m' = \mathfrak{T}m$. La fonction ζ' (ou la surface Σ') harmonique transportée tangentielle est définie à une constante (ou une translation parallèle à Oz) près par $\zeta' = \int (\partial z/\partial x)\, dx' + (\partial z/\partial y)\, dy'$, l'expression sous le signe $\int$ étant une différentielle totale exacte en vertu de l'harmonicité de z et des relations de Cauchy liant les fonctions $x'(x, y)$ et $y'(x, y)$ définissant $\mathfrak{T}$.

La notion de transport tangentiel donne un caractère d'évidence géométrique au lien qui existe entre le problème de Neumann et celui de la représentation conforme d'une aire $\mathfrak{A}$ sur une autre $\mathfrak{A}'$ avec correspondance des contours C et C'.

A une telle représentation $\mathfrak{T}$ correspond une infinité de couples de surfaces harmoniques S et Σ' (Σ' = transportée tangentielle de S par $\mathfrak{T}$), S pouvant être choisie arbitrairement, Σ' étant alors déterminée à une translation parallèle à Oz près. $\mathfrak{T}$ résulte de la projection de la correspondance ponctuelle par plans tangents parallèles entre les cloisons de S et Σ' (de contours Γ et Γ') se projetant respectivement sur $\mathfrak{A}$ et $\mathfrak{A}'$, et comme, S une fois choisie, les plans tangents à Σ' le long de Γ' (parallèles aux plans tangents correspondants de S le long de Γ) sont connus, Σ' est solution d'un problème de Neumann pour le contour C' de $\mathfrak{A}'$. Si, S étant choisie de façon que Γ y délimite une cloison régulière, on repère les points

de C et C′ (supposés orientés dans le même sens) par leurs abscisses curvilignes s et s', et si l'on établit entre C (de longueur l) et C′ (de longueur l') une correspondance définie par $s' = f(s)$ = fonction continue croissante de s telle que $f(s+l) - f(s) = l'$, le problème de Neumann pour C′ est déterminé.

Sa solution fournit une surface harmonique Σ' qui, mise en correspondance par parallélisme des plans tangents avec S donne, par projection, une correspondance conforme transformant, sinon biunivoquement $\mathcal{A}$ en $\mathcal{A}'$, du moins une certaine portion de $\mathcal{A}$ admettant C comme courbe frontière en une portion de $\mathcal{A}'$ admettant C′ comme courbe frontière. La généralité d'une telle transformation conforme est celle de la fonction $f(s)$; elle se réduit à la généralité d'un système de trois constantes arbitraires dans l'hypothèse de la représentation continue biunivoque de $\mathcal{A}$ sur $\mathcal{A}'$.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Application du principe de Whittaker au lissage local pour sommes trigonométriques : Description de la méthode, formules.* Note (*) de M. **Michel Ritout**, transmise par M. Léopold Escande.

L'application du critère d'approximation de Whittaker à la représentation d'une suite expérimentale par une somme trigonométrique semble intéressante du fait que le système des équations normales apparaît comme tout résolu.

1. Rappels [(1), (2)]. — Soit φ_n la suite expérimentale que nous supposons toujours à abscisses équidistantes et soit y_n la suite des valeurs ajustées correspondantes.

Le critère d'approximation de Whittaker consiste à réaliser Min $(\lambda^2 S + F)$ avec :

F, somme des carrés des écarts $y_n - \varphi_n$;

S, mesure de la rugosité (1) de la suite y_n;

λ^2, caractéristique du degré de régularité choisi.

2. Application au lissage local par une somme trigonométrique. — Soit donc à réaliser l'ajustement de la valeur brute φ_0 de la suite

$$\ldots \varphi_{-k} \ldots \varphi_{-1}, \quad \varphi_0, \quad \varphi_1 \ldots \varphi_k \ldots.$$

a. Considérons les $2m+1$ valeurs expérimentales :

$$\varphi_{-m}, \quad \varphi_{-m+1}, \quad \ldots, \quad \varphi_{-1}, \quad \varphi_0, \quad \varphi_1, \quad \ldots, \quad \varphi_{m-1}, \quad \varphi_m,$$

auxquelles on associe les abscisses :

$$-\frac{2m}{2m+1}\pi, \quad -\frac{2(m-1)}{2m+1}\pi, \quad \ldots, \quad -\frac{2\pi}{2m+1}, \quad 0,$$

$$\frac{2\pi}{2m+1}, \quad \ldots, \quad \frac{2(m-1)}{2m+1}\pi, \quad \frac{2m\pi}{2m+1}.$$

Nous représenterons la suite φ_n, dans l'intervalle $(-\pi, +\pi)$, par la somme trigonométrique :

$$U(x) \equiv a_0 + a_1 \cos x + \ldots + a_r \cos rx + b_1 \sin x + \ldots + b_r \sin rx$$

qui réalise pour les $2m+1$ points ci-dessus :

$$\mathrm{Min}(\lambda^2 S + F),$$

avec

$$F = \sum_{k=-m}^{+m} (U_k - \varphi_k)^2 \qquad \text{si} \quad U_k = U\left(\frac{2k\pi}{2m+1}\right)$$

et

$$S = \sum_{k=-m}^{+m} \left(\delta^3 U_{k-\frac{1}{2}}\right)^2$$

si δ est l'opérateur différence centrale.

Nous prendrons alors

(1) $$y_0 = U(0) = a_0 + a_1 + \ldots + a_x.$$

b. Équations normales. — Contribution de F :

En posant

$$\mathfrak{M}_j = \sum_{k=-m}^{+m} v_k \cos\left(\frac{2kj\pi}{2m+1}\right),$$

on obtient facilement :

$$(\mathrm{I})\quad \begin{cases} \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial b_j} & \text{indépendant des } a_j, \\ \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial a_0} = (2m+1)\,a_0 - \mathfrak{M}_0 & \text{si } \mathfrak{M}_0 = \sum_{k=-m}^{+m} v_k, \\ \frac{1}{2}\frac{\partial F}{\partial a_j} = \left(\frac{2m+1}{2}\right)a_j - \mathfrak{M}_j & \text{pour } j = 1, 2, \ldots, r. \end{cases}$$

Contribution de S : Le calcul conduit à

$$\delta^3 U_{k-\frac{1}{2}} = 2\sum_{p=1}^{r}\left[3\sin\left(\frac{p\pi}{2m+1}\right) - \sin\left(\frac{3p\pi}{2m+1}\right)\right] \times\left[a_p \sin\left(\frac{2k-1}{2m+1}p\pi\right) - b_p\cos\left(\frac{2k-1}{2m+1}p\pi\right)\right],$$

puis

$$S = 64\sum_{k=-m}^{+m}\left\{\sum_{p=1}^{r}\sin^3\left(\frac{p\pi}{2m+1}\right)\left[a_p\sin\left(\frac{2k-1}{2m+1}p\pi\right) - b_p\cos\left(\frac{2k-1}{2m+1}p\pi\right)\right]\right\}^2$$

et enfin,

$$(\mathrm{II})\quad \begin{cases} \frac{1}{2}\frac{\partial S}{\partial b_j} & \text{indépendant des } a_j, \\ \frac{1}{2}\frac{\partial S}{\partial a_0} = 0, \\ \frac{1}{2}\frac{\partial S}{\partial a_j} = 64\,\frac{2m+1}{2}\sin^6\left(\frac{j\pi}{2m+1}\right) & (j = 1, 2, \ldots, r). \end{cases}$$

Système des équations normales. — Résultats : En écrivant

$$\frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial a_j}(\lambda^2 S + F) = \frac{1}{2}\frac{\partial}{\partial b_j}(\lambda^2 S + F) = 0,$$

on obtient, d'après (I) et (II) :

$$(\mathrm{III})\quad \begin{cases} (2m+1)\,a_0 - \mathfrak{M}_0 = 0, & j = 0, \\ \left(\frac{2m+1}{2}\right)\left[1 + 64\,\lambda^2\sin^6\left(\frac{j\pi}{2m+1}\right)\right]a_j = \mathfrak{M}_j & (j = 1, 2, \ldots, r). \end{cases}$$

Et, d'après (1) et (III) :

$$y_0 = \frac{2}{2m+1}\left[\frac{\mathfrak{M}_0}{2} + \sum_{j=1}^{r}\frac{\mathfrak{M}_j}{1 + 64\,\lambda^2\sin^6\left(\frac{j\pi}{2m+1}\right)}\right].$$

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) E. T. Whittaker et G. Robinson, *The Calculus of Observations.*

(2) M. Ritout, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 454.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Construction d'une fonction aléatoire normale, presque sûrement continue, possédant une covariance donnée.* Note (*) de M. **Jean Delporte**, présentée par M. Joseph Kampé de Fériet.

On se propose de définir un procédé de construction d'une fonction aléatoire normale presque sûrement continue sur [o, 1], nulle en o et 1, à partir d'une covariance donnée $\Gamma(t, s)$, continue sur le carré $[0, 1] \times [0, 1]$, nulle sur la frontière de ce carré et obéissant à la condition

$$\Gamma(t+h, t+h)+4\Gamma(t, t)+\Gamma(t-h, t-h)-4\Gamma(t, t+h) - 4\Gamma(t, t-h)+2\Gamma(t+h, t-h)<c|h|^{\delta} \quad (1)$$

où

$$\delta>0 \quad \text{et} \quad t,\ t+h \quad \text{et} \quad t-h\in[0, 1].$$

1. Il est bien connu ([A], p. 144-145) que toute fonction continue sur [o, 1] nulle en o et 1, peut être représentée par une série uniformément convergente de fonctions triangulaires $e_n(t)$ (base de Schauder de $C_0[0, 1]$) sous la forme

$$x(t)=\sum_{n=1}^{+\infty}\eta_n e_n(t). \quad (2)$$

Nos notations sont celles de [A], les η_n sont définis par

$$\eta_n=x\left[\frac{2p+1}{2^q}\right]-\frac{1}{2}\left\{x\left[\frac{p}{2^{q-1}}\right]+x\left[\frac{p+1}{2^{q-1}}\right]\right\}, \quad (3)$$

où

$$n=2^{q-1}+p \qquad (p \text{ entier};\ 0\leqq p<2^{q-1}).$$

M. J. Kampé de Fériet a montré qu'une condition suffisante de convergence absolue et uniforme de la série (2) est donnée par ([A], p. 150)

$$\sum_{q=1}^{+\infty}\sup_{n\in N_q}|\eta_n|<+\infty. \quad (4)$$

2. Dans ce qui suit, $(\Omega, \mathcal{F}, \mu)$ désigne un espace de probabilité.

Étant donnée une fonction aléatoire normale, d'e. m. [1] nulle, $x(t, \omega)$ p. s. [1] continue sur [o, 1], nous remarquerons d'abord que cette covariance est nécessairement continue.

Soit $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_n, \ldots$ une suite quelconque de points de [o, 1] tendant vers t, la suite de v. a. $x(\tau_n, \omega) \to x(t, \omega)$ p. s. Ces v. a. étant *normales*, la convergence p. s. implique la convergence en m. q. [1] donc, pour toute suite $\tau_1, \tau_2, \ldots, \tau_n \to t$:

$$E\{x(\tau_n, \omega)-x(t, \omega)\}^2\to 0,$$

d'où

$$E\{x(t+h, \omega)-x(t, \omega)\}^2\to 0 \qquad \text{quand} \quad h\to 0.$$

On supposera donc, dans ce qui suit, $\Gamma(t, s)$ continue.

3. Étant donnée une covariance $\Gamma(t, s)$, on peut à partir de ses valeurs sur $\mathcal{D}\times\mathcal{D}$ ($\mathcal{D}$ désignant l'ensemble dyadique) définir la suite de v. a. n. [1], $x(p/2^{q-1}, \omega)$, d'e. m. nulle, et en déduire la suite de v. a. n. $\eta_n(\omega)$ définies par (3).

M. J. Kampé de Fériet a prouvé ([A], p. 150-151) que si la condition

$$\sum_{q=1}^{+\infty} 2^{\frac{q}{r}} \sup_{n\in N_q} E^{\frac{1}{r}}\{|\eta_n(\omega)|^r\} < +\infty \tag{5}$$

est satisfaite pour un $r \geqq 1$, la série

$$\sum_{q=1}^{+\infty} \sup_{n\in N_q} |\eta_n(\omega)| \tag{6}$$

converge p. s., et la fonction aléatoire $x(t, \omega)$, définie par

$$\sum_{n=1}^{+\infty} \eta_n(\omega)\, e_n(t), \tag{7}$$

série p. s. absolument et uniformément convergente, est donc p. s. continue.

4. Théorème 1. — *Si la covariance continue* $\Gamma(t, s)$ *vérifie la condition* (1) *la fonction aléatoire définie par* (7) *est p. s. continue.*

Les v. a. $\eta_n(\omega)$ étant normales et d'e. m. nulle, nous avons, C_r désignant une constante numérique :

$$E^{\frac{1}{r}}\{|\eta_n(\omega)|^r\} = C_r\{E|\eta_n(\omega)|^2\}^{\frac{1}{2}}.$$

Posant dans (1) $t = 2p + 1/2^q$ et $h = 1/2^q$, nous obtenons

$$\sup_{n\in N_q} E|\eta_n^2(\omega)| \leqq \frac{C}{4}\,\frac{1}{2^{q\delta}}, \qquad \sup_{n\in N_q} E^{\frac{1}{r}}\{|\eta_n(\omega)|^r\} \leqq \frac{A}{2^{\frac{q\delta}{2}}};$$

δ étant ainsi fixé, on peut toujours choisir un $r \geqq 1$, tel que la série $\sum_{q=1}^{+\infty} 2^{-q[(\delta/2)-(1/r)]}$ converge, ce qui assure la convergence de la série (5).

5. Théorème 2. — *Si la covariance* $\Gamma(t, s)$ *continue, vérifie la condition* (1) *la fonction aléatoire normale* $x(t, \omega)$ *définie par* (7) *a précisément pour covariance* $\Gamma(t, s)$. *De plus* $\Gamma(t, s)$ *est représentée par la série double absolument et uniformément convergente*

$$\Gamma(t, s) = \sum_{m=1}^{+\infty}\sum_{n=1}^{+\infty} \gamma_{m,n}\, e_m(t)\, e_n(s), \tag{8}$$

où

$$\gamma_{m,n} = E\{\eta_m(\omega)\,\eta_n(\omega)\}. \tag{9}$$

Nous établirons d'abord, que pour toute fonction aléatoire normale, nulle en 0 et 1, p. s. continue sur [0, 1], d'e. m. nulle, l'égalité suivante est vérifiée :

$$\text{Covariance}\,[x(t, \omega), x(s, \omega)] = \lim_{n\to+\infty} \sum_{j=1}^{n}\sum_{k=1}^{n} \gamma_{j,k}\, e_j(t)\, e_k(s). \tag{10}$$

En effet, désignant par $x_n(t, \omega)$ la somme $\sum_{j=1}^{n} \eta_j(\omega)\, e_j(t)$, la fonction aléatoire *normale* $x_n(t, \omega)$ converge p. s. vers $x(t, \omega)$; donc elle converge en m. q. vers $x(t, \omega)$. On en déduit de la même manière que

$$x_n(s, \omega) \to x(s, \omega) \quad \text{en m. q.}$$

et que

$$x_n(s, \omega) + x_n(t, \omega) \to x(s, \omega) + x(t, \omega) \quad \text{en m. q.}$$

En remarquant que

$$\mathrm{E}\{x_n - x\}^2 \to 0 \quad \text{implique que} \quad \mathrm{E}\{x_n^2\} \to \mathrm{E}\{x^2\},$$

on voit que

$$\mathrm{E}\{x_n^2(t, \omega)\} \to \mathrm{E}\{x^2(t, \omega)\}, \qquad \mathrm{E}\{x_n^2(s, \omega)\} \to \mathrm{E}\{x^2(s, \omega)\}$$

et

$$\mathrm{E}\{x_n(t, \omega) + x_n(s, \omega)\}^2 \to \mathrm{E}\{x(t, \omega) + x(s, \omega)\}^2.$$

En combinant ces résultats, on en déduit que

$$\mathrm{E}\{x_n(t, \omega)\, x_n(s, \omega)\} = \sum_{j=1}^{n} \sum_{k=1}^{n} \gamma_{j,k}\, e_j(t)\, e_k(s) \to \text{covariance}\,[x(t, \omega), x(s, \omega)].$$

Pour tout couple $(t_j, t_k) \in \mathcal{D} \times \mathcal{D}$, le développement (8) se réduit à un nombre fini de termes et coïncide avec l'expression de $\Gamma(t_j, t_k)$ vu la définition des $\eta_n(\omega)$.

La série double (8) est absolument et uniformément convergente en t et s si la condition (1) est vérifiée car

$$(11) \qquad |\gamma_{m,n}| \leq |\gamma_{m,m}|^{\frac{1}{2}}\, |\gamma_{n,n}|^{\frac{1}{2}} \leq \frac{C}{4}\, \frac{1}{2^{(q+q')\frac{\delta}{2}}} \qquad (m \in \mathrm{N}_q,\ n \in \mathrm{N}_{q'}).$$

Pour t et s fixés, $m \in \mathrm{N}_q$ et $n \in \mathrm{N}_{q'}$, il résulte des propriétés des fonctions $e_m(t)$ qu'un seul des produits $e_m(t)\, e_n(s)$ est non nul.

L'inégalité (11) assurant la convergence de la série $\sum_{q=1}^{\infty} \sum_{q'=1}^{\infty} \sup_{m \in \mathrm{N}_q,\, n \in \mathrm{N}_{q'}} |\gamma_{m,n}|$, la série (8) est absolument et uniformément convergente, elle représente la covariance continue de $x(t, \omega)$, coïncide avec $\Gamma(t, s)$ continue sur $\mathcal{D} \times \mathcal{D}$, donc partout dans $[0, 1] \times [0, 1]$.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) Les abréviations employées sont les suivantes : e. m., espérance mathématique; p. s., presque sûrement; v. a., variable aléatoire; v. a. n., v. a. normale; m. q., moyenne quadratique.

([2]) J. Kampé de Fériet, *J. Math. pures et appl.*, 39, 1960, p. 119-163. Nous désignons ce Mémoire par [A].

([3]) On notera que $\gamma_{m,n}$ s'exprime sous forme d'une combinaison linéaire finie de valeurs de $\Gamma(t, s)$ sur $\mathcal{D} \times \mathcal{D}$ vu (3). Par exemple $\gamma_{m,m}$ n'est autre que l'expression (1) à un facteur un quart près, où $t = (2p + 1)/2^q$ et $h = 1/2^q$.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur la diffusion de la chaleur et de la matière dans un écoulement turbulent.* Note (*) de MM. **Jean Malengé** et **Jean Gosse**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Lorsqu'on écrit les bilans locaux de matière, de chaleur ou de quantité de mouvement dans un écoulement turbulent, les équations obtenues montrent une étroite similitude; si, de plus, les conditions aux limites sont semblables, les solutions de ces équations ont même forme. Reynolds a, le premier, supposé l'égalité des coefficients de diffusion de la chaleur et de la matière. L'étude théorique de la turbulence ne permet pas encore de justifier cette hypothèse et de nombreux expérimentateurs ont essayé de la vérifier. Malheureusement, dans le cas de l'écoulement turbulent dans un tuyau cylindrique avec flux de chaleur ou de matière imposé à la paroi, l'ensemble de leurs résultats est peu cohérent.

Pour notre part, nous avons étudié la diffusion axiale par turbulence du permanganate de potassium dans l'eau. L'appareil se compose essentiellement d'une colonne en verre de diamètre intérieur 10 cm, dans laquelle circule de l'eau. Le nombre de Reynolds calculé à partir de la vitesse moyenne de débit peut varier entre 15 000 et 110 000 environ et la colonne est assez longue pour que la turbulence ait le temps de se développer jusqu'à l'obtention du régime établi. Dans la région centrale du tube, où le champ de turbulence est uniforme et isotrope, on introduit une solution saturée de permanganate de potassium à l'aide de quatre injecteurs disposés en croix dans une section droite du tuyau, la distance entre leurs ouvertures étant réglée de façon à obtenir un jet unique. Le diamètre extérieur des tubes d'injection est assez petit (0,96 mm) pour ne pas introduire de perturbation notable dans l'écoulement. A une distance x du plan d'injection suffisante pour que la diffusion soit établie, se trouvent 12 sondes de prélèvement disposées sur un diamètre du tuyau, ce qui permet de collecter simultanément 12 échantillons dont on mesure la concentration en permanganate à l'aide d'un spectrophotomètre électronique Jobin-Yvon. Cet appareil permet d'effectuer des mesures à moins de 2 % près, compte tenu de la décomposition du permanganate entre la prise d'essai et l'analyse. A partir du tracé de la courbe $c = f(y)$ de la variation de la concentration en permanganate en fonction de la distance à l'axe du jet, on déduit la valeur du coefficient de diffusion de matière par turbulence D_t; en effet, on peut démontrer que le profil des concentrations obéit à la loi

$$c = c_m\, e^{-\frac{u_0 y^2}{4 D_t x}},$$

c_m et u_0 étant respectivement les valeurs de la concentration et de la vitesse sur l'axe, et x la distance entre les plans d'injection et de prélèvement.

La comparaison de nos résultats avec ceux de Towle et Sherwood [1] qui ont étudié successivement la diffusion de l'hydrogène et de l'anhydride carbonique dans l'air, nous a amené à penser que le rapport D_t/ν, ν étant la viscosité cinématique *moléculaire*, était, pour un nombre de Reynolds donné, indépendant de la nature du fluide. La vérification de cette idée se trouve dans la figure 1 sur laquelle la fraction D_t/ν est portée en fonction du produit $\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}$ du nombre de Reynolds et de la racine carrée du coefficient de perte de charge. Nos résultats se placent autour d'une droite d'équation

$$\frac{D_t}{\nu} = 10,9.10^{-3}\,\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}, \tag{1}$$

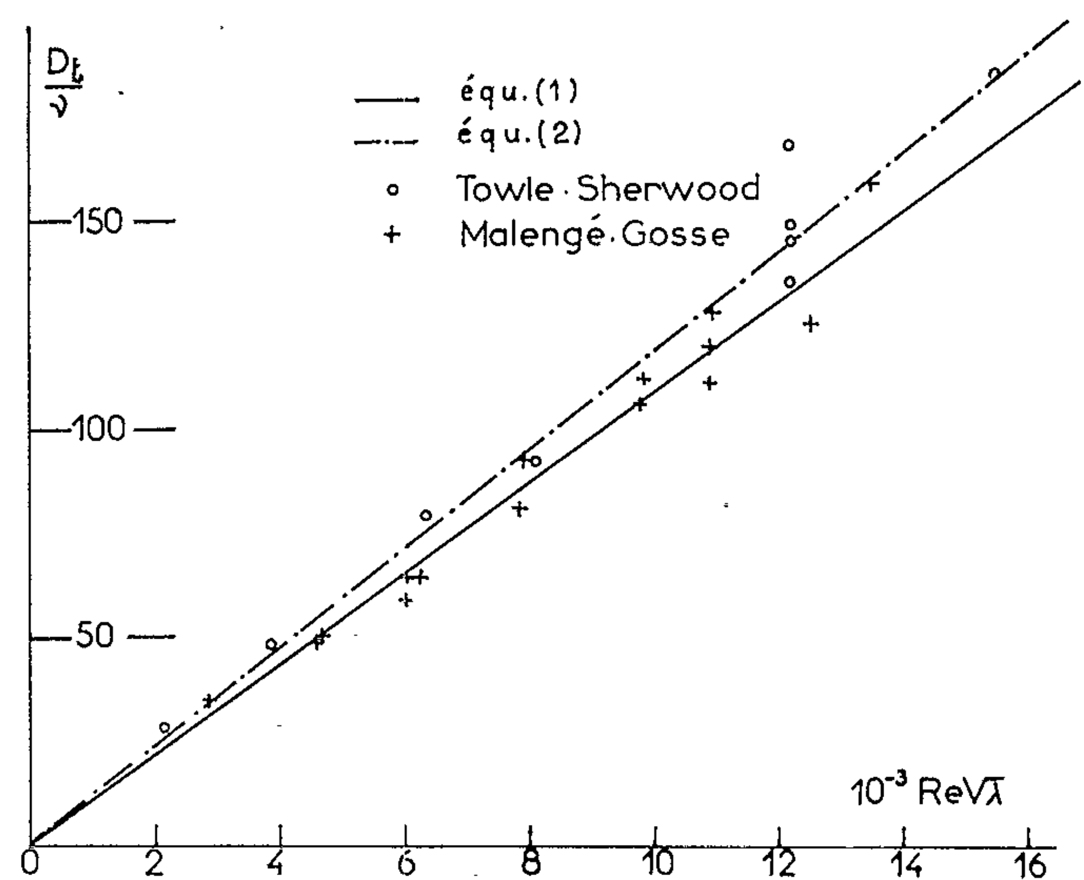


Fig. 1.

tandis que ceux de Towle et Sherwood se groupent autour de la droite

$$\frac{D_t}{\nu} = 11,8.10^{-3}\,\mathrm{Re}\sqrt{\lambda}. \tag{2}$$

Le faible écart (inférieur à 9 %) s'explique par le fait que le système d'injection qu'utilisaient Towle et Sherwood introduisait une turbulence supplémentaire dans l'écoulement.

Par ailleurs, nous avons dépouillé les expériences de Baldwin et Walsh [2] qui ont étudié la diffusion de la chaleur perdue par un fil fin dans un écoulement d'air turbulent au sein d'une conduite cylindrique, pour des nombres de Reynolds supérieurs à ceux que nous avons obtenus. Les points représentatifs du rapport a_t/ν du coefficient de diffusion thermique par turbulence a_t à la viscosité cinématique moléculaire se placent assez bien dans le prolongement de nos points relatifs à D_t/ν comme le montre la figure 2. En effet, on trouve l'expression

$$\frac{a_t}{\nu} = 10,7.10^{-3}\,\mathrm{Re}\sqrt{\lambda} \tag{3}$$

qui s'identifie à la relation (1), compte tenu de la précision des mesures (2 %).

Ainsi, de la comparaison des trois séries d'expériences, on peut déduire que le nombre de Lewis turbulent, à savoir a_t/D_t égale l'unité et qu'il est indépendant de la nature du fluide considéré; le rapport $a_t/\nu = D_t/\nu$ est lui aussi indépendant du fluide en mouvement et l'on a

$$\frac{a_t}{\nu} = \frac{D_t}{\nu} = 10,8.10^{-3}\,\mathrm{Re}\,\sqrt{\lambda}.$$

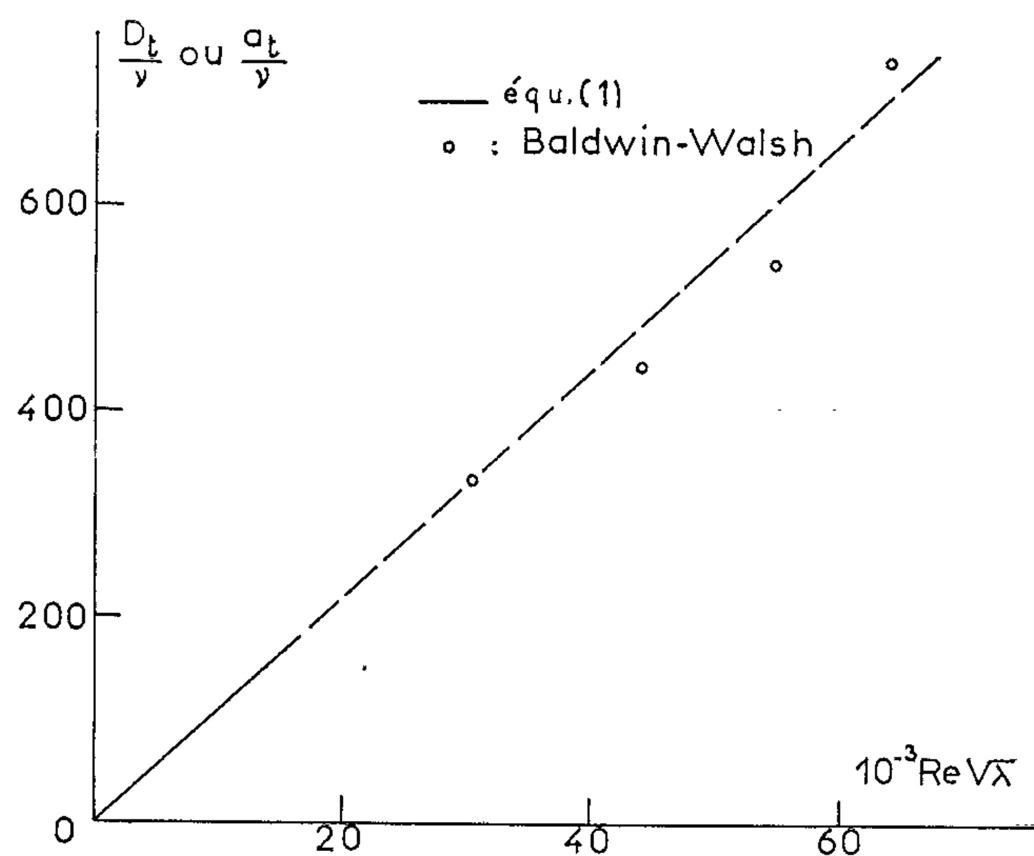


Fig. 2.

On constate d'autre part que les rapports D_t/D et a_t/a, D et a étant les coefficients de diffusion de matière et de chaleur moléculaire n'ont pas de signification physique, contrairement à ce qui était parfois admis. De l'interprétation des phénomènes se dégage la constatation suivante : la diffusion de matière ou de chaleur dans l'axe du tube est uniquement due à la turbulence du fluide et l'effet de la diffusion moléculaire est tout à fait négligeable.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) TOWLE et SHERWOOD, *Ind. and Eng. Chem.*, 31, 1939, p. 457.

(2) BALDWIN et WALSH, *A. I. Chem. E. Journal*, 7, 1961, p. 53.

(*École Nationale Supérieure des Industries chimiques, Nancy.*)

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Détermination des conditions initiales d'une vidange de fluide compressible conduisant à des conditions de sortie données.* Note (*) de MM. **Marc Ducasse, Raymond Goethals** et **Paul-Émile Lemonnier**, transmise par M. Léopold Escande.

La détente d'un fluide comprimé dans un réservoir de volume fini conduit à des caractéristiques pression et température du fluide sortant dont on n'est pas maître simultanément, mais qui peuvent être calculées à partir de la loi d'état du gaz et des variations d'entropie. Nous nous proposons au contraire de fixer *a priori* les lois de pression et de température de sortie au cours de la vidange et d'en déduire les conditions initiales à imposer au fluide dans le réservoir.

Une solution générale est cherchée en considérant le processus inverse : on fournit de l'air au réservoir en assurant la compression de telle sorte qu'on puisse assurer un « classement » des particules qui sortiront dans l'ordre exactement inverse de l'ordre d'entrée. Ce classement des particules entre lesquelles il ne doit pas y avoir d'échange d'énergie est impensable dans un réservoir tridimensionnel mais peut s'envisager si l'on ramène le réservoir à une dimension principale seulement. On considère alors le remplissage comme une charge de tranches élémentaires possédant chacune le niveau d'enthalpie qui correspond à la température voulue suivie d'une compression isentropique. La vidange correspondra à une détente rigoureusement inverse de la compression précédente et chaque élément possèdera à la sortie le niveau d'enthalpie souhaité.

On peut trouver une solution analytique si l'on cherche à la fois une température et une pression constantes, le gaz étant supposé parfait :

Soient X la position initiale de chaque tranche dans le réservoir linéaire (variable de Lagrange), p la pression dans le réservoir, θ la température et ρ la masse spécifique de chaque tranche quand la pression varie; on suppose négligeable l'effet des vitesses à l'intérieur du réservoir. Il faut imposer dans le plan de sortie (en négligeant l'effet de vanne dans cet exposé de principe).

$$\theta = \theta_0 = \text{Constante pour } x = x_0 \quad (\text{variable d'Euler}).$$

Les équations du problème sont alors :

$$p = \rho R \theta,$$

équation d'état, R constante des gaz parfaits;

$$p = K\rho^\gamma, \qquad \text{avec} \quad K = K(X),$$

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial \rho}{\partial p}\frac{\partial x}{\partial X} + \frac{\partial^2 x}{\partial p\,\partial X} = 0,$$

équation de conservation de la masse pour chaque tranche X.

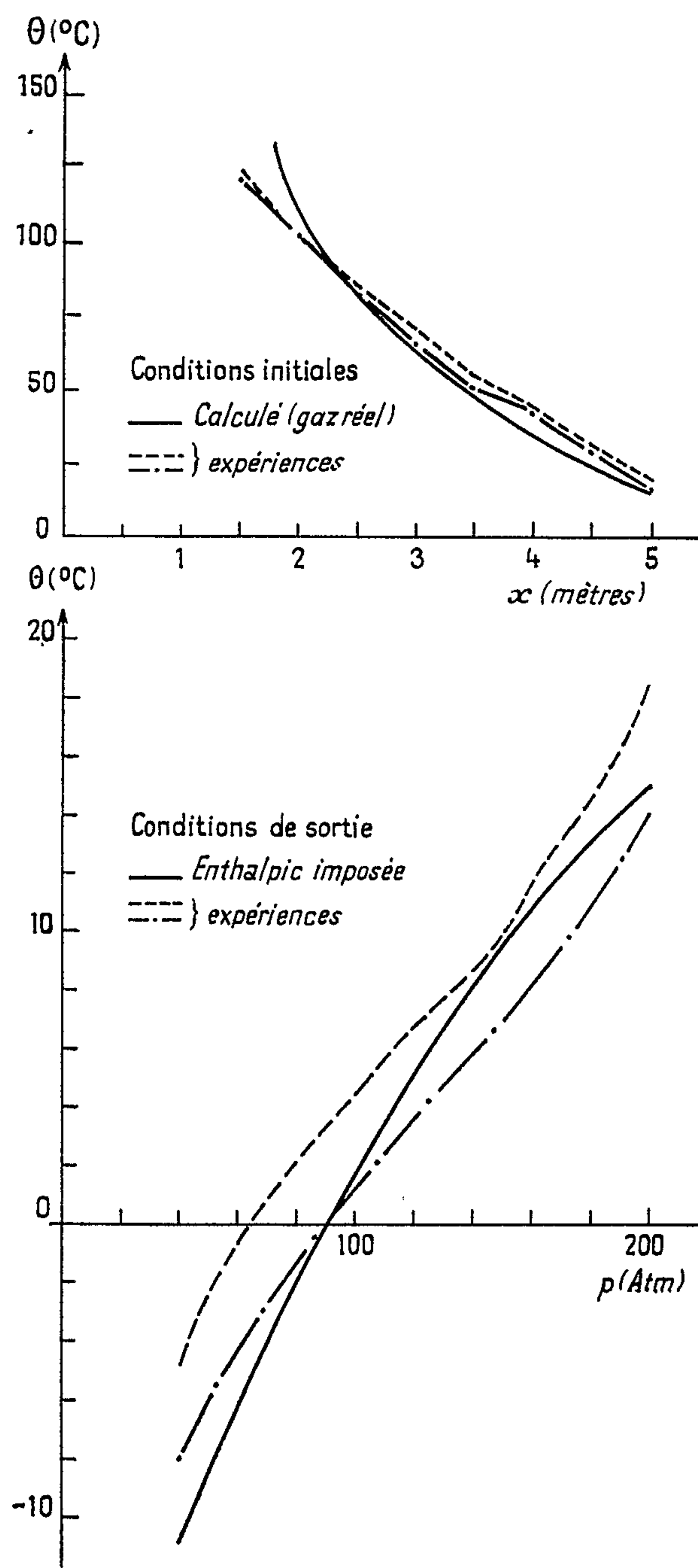
Ce qui conduit à la solution formelle

$$x p^{\frac{1}{\gamma}} = f(X); \qquad x\rho = g(X); \qquad x\theta^{\frac{1}{\gamma-1}} = h(X),$$

f, g, h étant fixés par les conditions aux limites.

La condition de sortie conduit à

$$x\theta^{\frac{1}{\gamma-1}} = x_0\theta_0^{\frac{1}{\gamma-1}}.$$



La solution est utilisable sauf au voisinage de $x = 0$ où l'on trouve une température infinie. Physiquement, ceci conduit à fixer un « volume mort » qui ne sera pas utilisé pour la détente.

Lorsqu'on envisage de hautes pressions, il faut prendre en considération les caractéristiques réelles de l'air à partir des diagrammes thermodynamiques. On revient alors à la solution générale en considérant, si l'on garde les données du problème précédent, que toutes les tranches sont fournies au réservoir au même niveau enthalpique, et subissent ensuite une compression isentropique.

De façon très générale, quelle que soit la loi de température imposée au gaz sortant au cours de la vidange, on a transposé le problème en fonction du temps en un problème fonction d'une position. Expérimentalement, cela permet toute modification souhaitée de la courbe obtenue d'une expérience à l'autre.

Des expériences sur un réservoir tubulaire de 5,22 m de long et 4,5 cm de diamètre ont été effectuées au Centre d'Études aérodynamiques et thermiques de Poitiers. Ces expériences étant faites à haute pression (200 atm) on cherche à obtenir une enthalpie constante du fluide sortant. Les résultats les plus caractéristiques sont reproduits sur les graphiques ci-joints. Les échanges thermiques dans le réservoir dont il n'a pas été tenu compte précédemment ont conduit à modifier la courbe initiale; on voit que les courbes résultantes encadrent le résultat cherché.

Une application de ces résultats peut être faite aux souffleries à rafales. La détente à partir d'un réservoir tubulaire convenablement préchauffé permet d'obtenir les conditions désirées dans la chambre de tranquillisation de la soufflerie, c'est-à-dire de fixer le nombre de Reynolds pendant la durée de la rafale.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

HYDRAULIQUE. — *Étude de la hauteur piézométrique en un point quelconque d'une conduite à caractéristiques variables, en connaissant les paramètres de l'écoulement aux extrémités de cette conduite.* Note (*) de MM. **Jean Nougaro** et **Désiré Le Gourières**, transmise par M. Léopold Escande.

Considérons une conduite dans laquelle nous appellerons : A, l'extrémité amont; C, l'extrémité aval.

Soit dans une section un point diamétral B, nous nous proposons d'étudier les variations de la hauteur piézométrique en ce point en connaissant toutes les caractéristiques de l'écoulement en A et en C.

Désignons par $[(p/\varpi)+Z]$ les hauteurs piézométriques aux différents points de la conduite, L_i, L_j, f_i, f_j les longueurs et les sections des éléments de conduite placés respectivement à l'amont et à l'aval du point B considéré.

Q, le débit à l'instant t, identique en tous les points de la conduite, P_{WAB} et P_{WBC}, les pertes de charge correspondant aux tronçons AB et BC.

Pour une variation de vitesse dW, la variation de la force vive de l'eau contenue dans l'un des tronçons de conduite est $(\varpi/g)\,LfW\,dW$.

Pour n éléments placés en série, la variation d'énergie cinétique élémentaire est, compte tenu de l'égalité $Q=f_i W_i$:

$$\sum \frac{\varpi}{g} L_i f_i W_i \, dW_i = \sum \frac{\varpi}{g} \frac{L_i}{f_i} Q \, dQ.$$

Le théorème des forces vives appliqué entre A et B s'écrit donc

$$\sum \frac{\varpi}{g} \frac{L_i}{f_i} Q \, dQ = \varpi Q \, dt \, [J_A - J_B - P_{WAB}].$$

soit encore en divisant par $\varpi Q dt$:

$$\frac{dQ}{dt} \sum \frac{L_i}{g f_i} = [J_A - J_B - P_{WAB}].$$

De même, entre B et C, on a

$$\frac{dQ}{dt} \sum \frac{L_j}{g f_j} = [J_B - J_C - P_{BWC}].$$

En éliminant dQ/dt entre les deux équations précédentes, il vient

$$(J_A - J_B - P_{WAB}) \sum \frac{L_j}{f_j} = (J_B - J_C - P_{WBC}) \sum \frac{L_i}{f_i},$$

ce qui peut s'écrire encore

$$J_B \left[\sum \frac{L_i}{f_i} + \sum \frac{L_j}{f_j} \right] = (J_A - P_{WAB}) \sum \frac{L_j}{f_j} + [J_C + P_{WBC}] \sum \frac{L_i}{f_i}.$$

En définitive, la hauteur piézométrique à l'instant t, au point intermédiaire B, apparaît comme la moyenne pondérée des quantités

$(J_A - P_{WAB})_t$ et $[J_B + P_{WBC}]_t$ prises à l'instant t et affectées chacune des coefficients respectifs $\sum(L_j/f_j)$ et $\sum(L_i/f_i)$.

La connaissance de la variation du débit et de la hauteur piézométrique, en fonction du temps, aux deux extrémités d'une conduite, permet de déterminer, par application de la règle précédente, la variation des mêmes grandeurs en fonction du temps, en tout point de cette conduite.

Il importe pour ce calcul de choisir pour sens positif de l'eau dans les conduites, le sens normal de l'écoulement.

En effet, si dans la conduite AC, l'écoulement se fait de A vers C, l'équation générale s'écrit :

$$\Delta Q = \frac{gf}{L}\left[\left(\frac{p_A}{\varpi} + Z_A\right) - \left(\frac{p_B}{\varpi} + Z_B\right) - P_W\right]\Delta t.$$

Par contre, si dans la même conduite, l'écoulement a lieu de C vers A, on a

$$\Delta Q = \frac{gf}{L}\left[\left(\frac{p_B}{\varpi} + Z_B\right) - \left(\frac{p_A}{\varpi} + Z_A\right) - P_W\right]\Delta t,$$

ce qui peut s'écrire encore :

$$-\Delta Q = \frac{gf}{L}\left[\frac{p_A}{\varpi} + Z_A\right) - \left(\frac{p_B}{\varpi} + Z_B\right) + P_W\right]\Delta t,$$

équation qui diffère de la première équation non seulement par le signe de ΔQ, mais encore par celui de P_W.

Toutefois si, à la suite d'une perturbation, le sens d'écoulement s'inverse dans une conduite, il est possible de poursuivre le calcul à condition de transformer la perte de charge en accroissement de charge. On considérera que les valeurs de P_W sont affectées des signes correspondants.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

HYDRAULIQUE. — *Perte de charge à la traversée d'un milieu perméable constitué de sphères identiques.* Note (*) de MM. **Sébastien Gerber** et **Roger Perrin**, présentée par M. Léopold Escande.

On étudie expérimentalement les variations du coefficient de perte de charge $\lambda = (2g\,dJ)/V^2$ en fonction du nombre de Reynolds $Re = Vd/\nu$ pour l'écoulement, de vitesse brute V, d'un fluide de viscosité cinématique ν à travers un milieu perméable constitué de billes de verre de diamètre d; J est la perte de charge par unité de longueur.

Les valeurs de Re obtenues sont comprises entre 0,1 et 40 000. La structure des massifs, correspondant à la porosité minimale p, est bien définie pour chaque valeur de d et du diamètre D du porte-échantillon, comme le montrent les résultats des essais de répétabilité, effectués sur plusieurs échantillons et dont nous donnons un exemple sur la figure 1.

L'ensemble des résultats $\lambda = f(\text{Re})$ est reporté sur la figure 2, chaque courbe correspondant à un couple de valeurs d et D, d variant de 1,08 à 27 mm et D de 20,5 à 290 mm, les porosités obtenues étant comprises entre 0,34 et 0,652.

Les parois provoquent sur une certaine épaisseur une perturbation dans la structure du massif; il en résulte, pour la compacité maximale, une porosité moyenne mesurée supérieure à la porosité du milieu infini. La figure 2, traduisant les variations de p en fonction de D/d, montre qu'il existe une relation entre ces deux variables, bien définie pour $D/d > 3$; pour $D/d < 3$, la porosité varie de façon très irrégulière, ainsi qu'il résulte du calcul de quelques valeurs minimales :

$\frac{D}{d}$..........	1	1,75	2	2,414
p..........	0,333	0,67	0,529	0,455

Il est donc possible, pour chaque valeur de $D/d > 3$, de tenir compte de l'effet des parois par la prise en compte de la porosité correspondante. Au-delà de $D/d = 70$, p est pratiquement constante, et a donc la même valeur qu'en milieu infini, les limites du domaine n'ayant plus aucune influence sur la structure du milieu.

L'ensemble des résultats de la figure 2 peut être groupé en une courbe unique correspondant à la porosité minimale obtenue $p_x = 0,34$ par l'affinité

$$\lambda_p = \lambda\left(\frac{p}{0,34}\right)^4$$

λ_p désignant le coefficient de résistance corrigé et relatif à $p = 0,34$
λ le coefficient relatif à la porosité p.

Cette correction conduit au diagramme de la figure 4. Les deux courbes inférieures encore distinctes correspondent à des massifs pour lesquels $D/d = 2,5$ et 1,7 et donc la relation $p = f(D/d)$ incertaine.

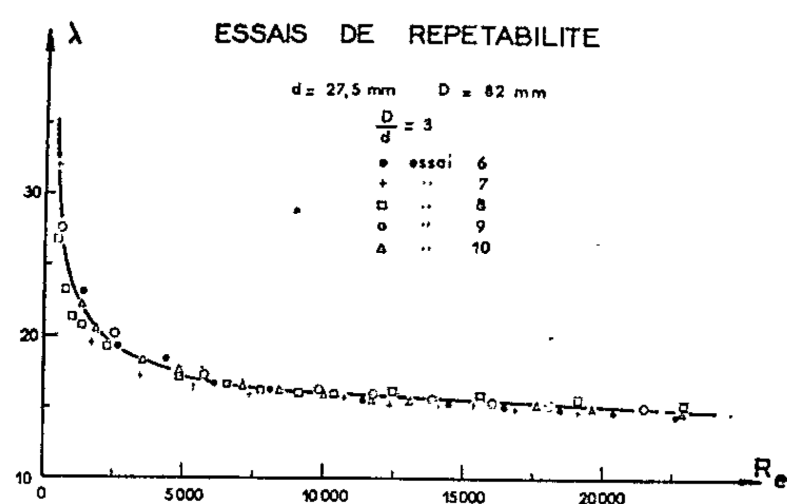


Fig. 1

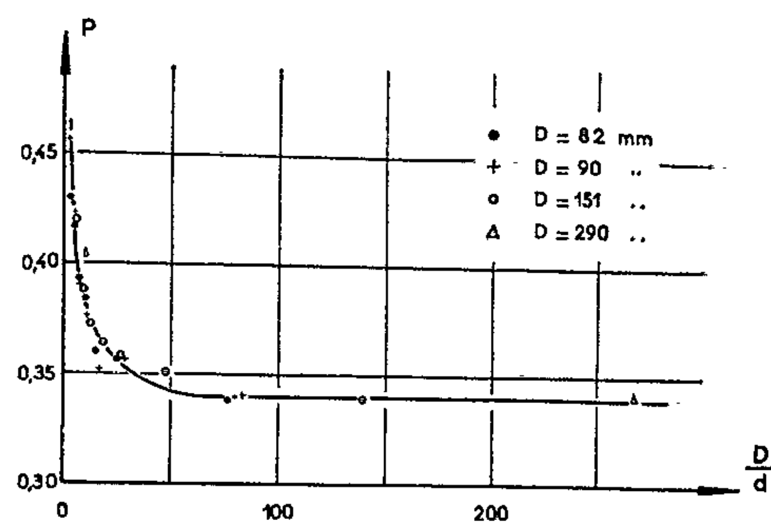


Fig. 3

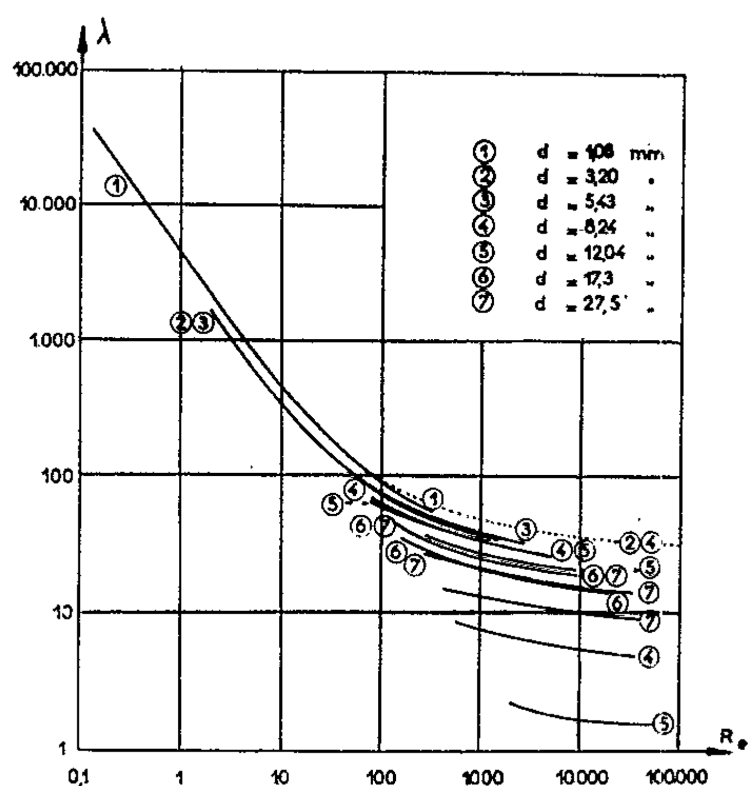


Fig. 2

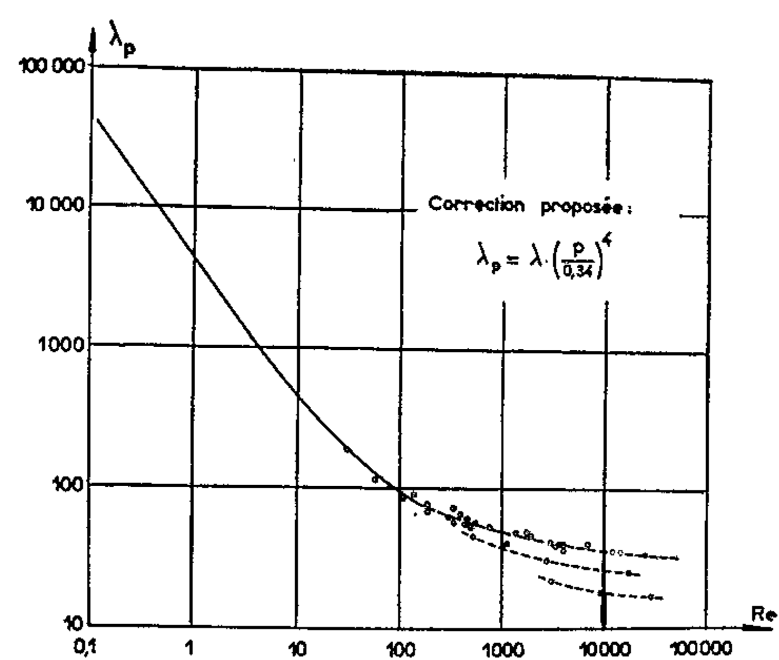


Fig. 4

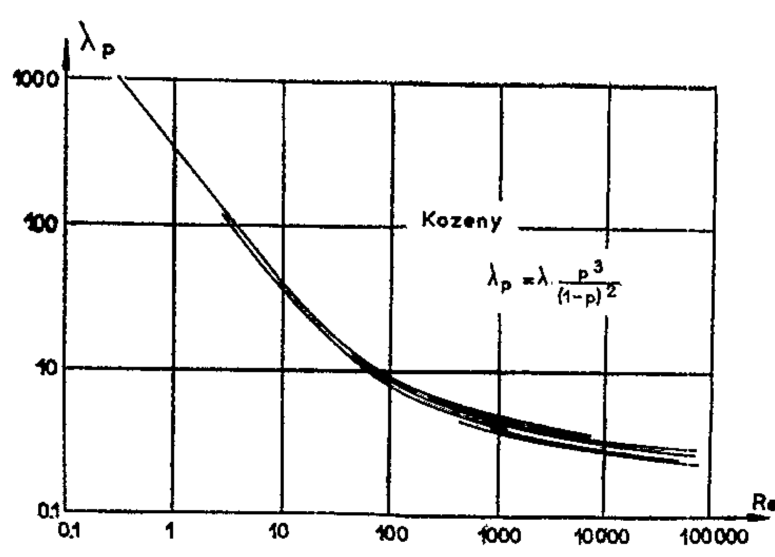


Fig. 5

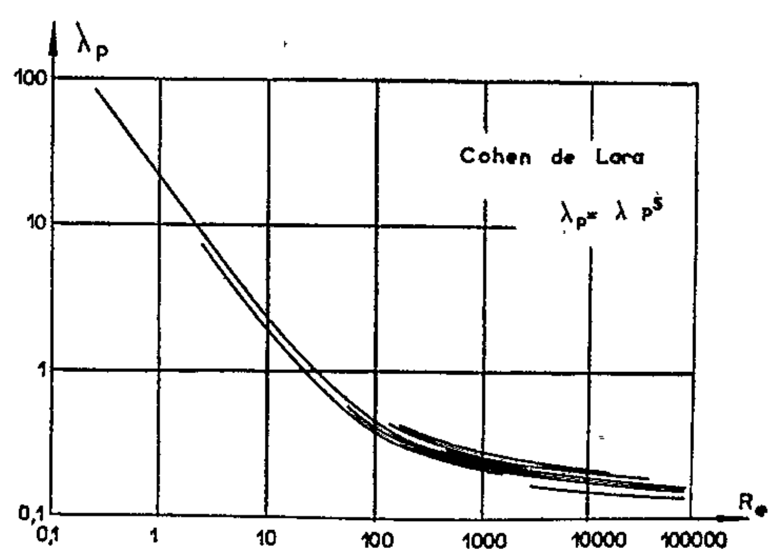


Fig. 6

De nombreuses expressions λ_p ont été proposées par différents auteurs; les meilleurs résultats ont été obtenus par les relations des figures 5 et 6.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

THERMOCINÉTIQUE. — *Étude expérimentale des refroidissements très rapides réalisés par trempe directe de soudures de couples thermoélectriques dans l'eau.* Note (*) de MM. **Roland Bigot** et **René Faivre**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'emploi conjugué de soudures de couples thermoélectriques comme échantillons de trempe et de l'oscillographe cathodique comme enregistreur de coordonnées permet d'une part de réaliser des refroidissements très rapides, d'autre part de saisir et d'analyser les phénomènes, même les plus éphémères, qui se déroulent, dans le bain, au voisinage immédiat de la surface du métal. Il contribue à expliquer la forme des courbes obtenues avec les échantillons classiques.

Grâce à son temps de réponse extrêmement bref, l'oscillographe cathodique, utilisé comme enregistreur de coordonnées, offre la possibilité d'étudier des phénomènes aussi rapides que le refroidissement de petites soudures de couples thermoélectriques trempées directement dans l'eau à 20°C.

Les résultats que nous exposons concernent essentiellement deux soudures sphériques de 3,6 et 23,6 mg réalisées sur des fils de chromel et de constantan ayant 0,3 mm de diamètre. Nous avons effectué les expériences, à l'aide de l'appareillage décrit dans une Note précédente (1), en trempant ces soudures depuis diverses températures comprises entre 400 et 800°C.

Les figures 1 *a* et 1 *b* montrent les enregistrements obtenus depuis 405°C. Les soudures commencent par se refroidir dans l'air, pendant le déplacement du four. La courbure qui apparaît ensuite, tout au début de l'immersion dans l'eau, indique que la vitesse initiale de refroidissement a une valeur

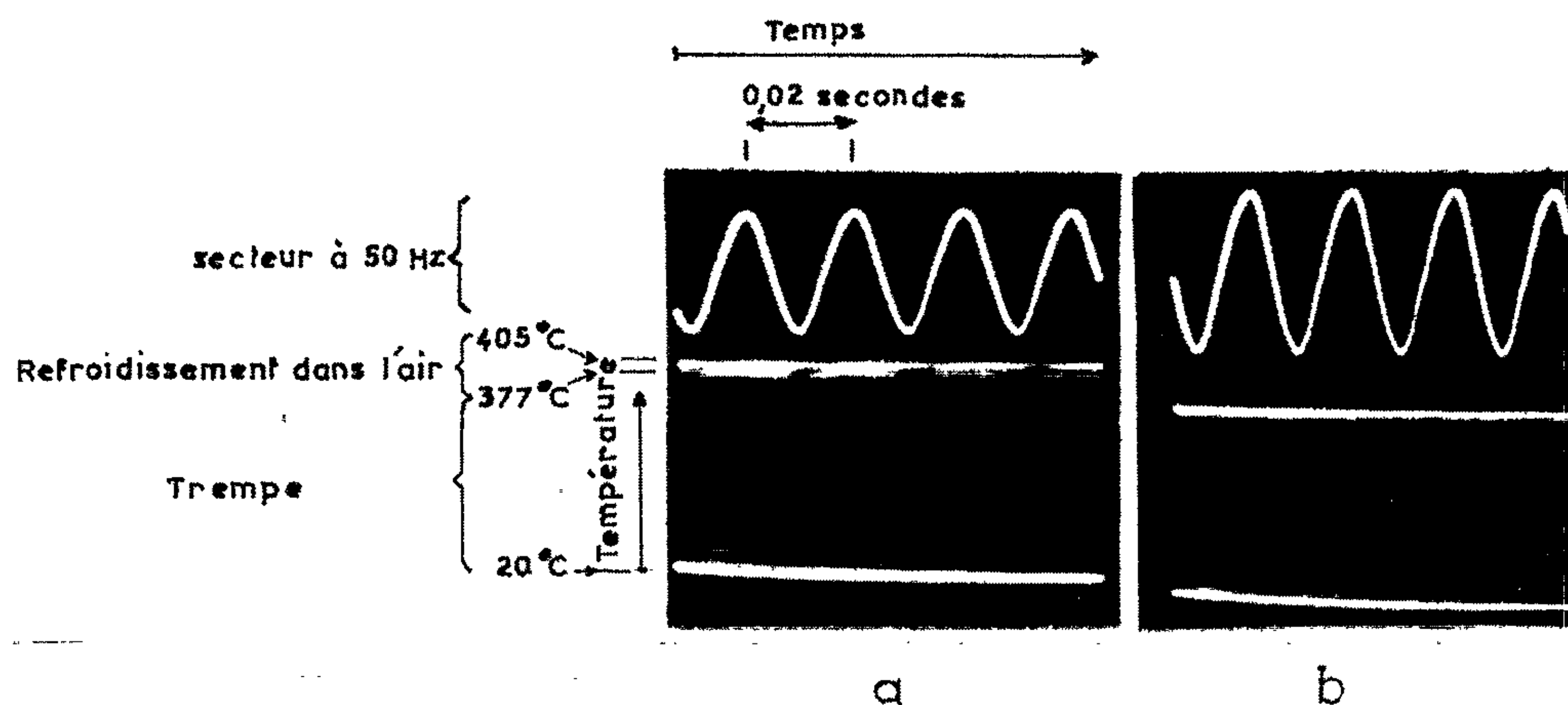


Fig. 1. — Enregistrements des courbes de refroidissement des soudures depuis 405°C dans l'eau à 20°C.
(*a*) Soudure de 3,6 mg.
(*b*) Soudure de 23,6 mg.

finie extrêmement faible, ce qui semble en contradiction avec les idées actuelles sur l'établissement d'une discontinuité de températures. Cela tient à ce que la théorie est établie sur un schéma simplifié qui ignore les phénomènes moléculaires se produisant à l'instant de la mise en contact.

La comparaison des courbes des figures 2 *a* et 2 *b* montre que la température initiale de trempe à partir de laquelle on obtient une courbe à palier, caractéristique de l'existence d'une couche de caléfaction, est plus élevée dans le cas de la plus petite des deux soudures. Cependant cette soudure semble plus apte à déceler une couche de caléfaction éventuelle en raison de son inertie thermique plus faible et de sa plus grande sensibilité aux

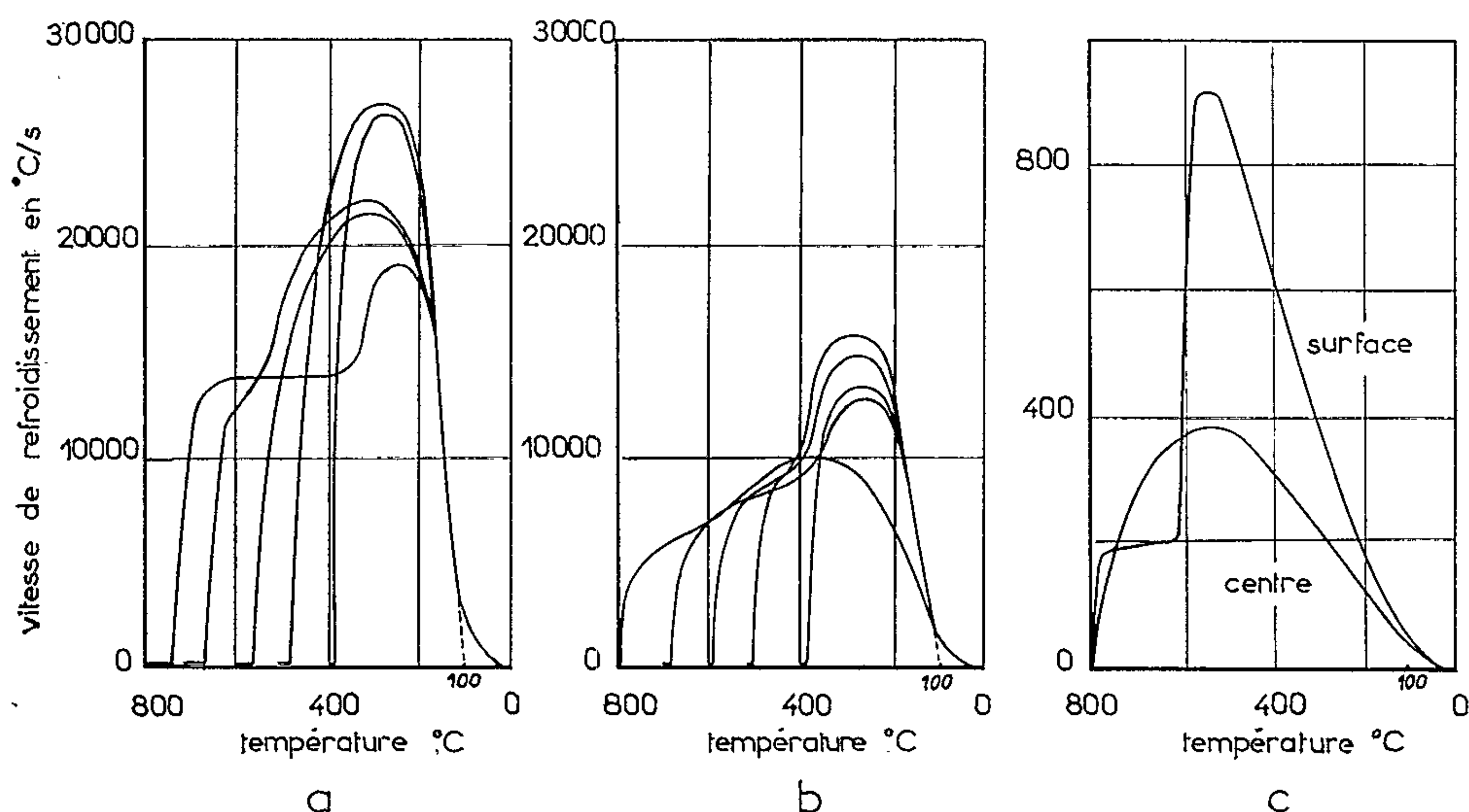


Fig. 2 *a* et *b*. — Variations de la vitesse de refroidissement avec la température pour différentes températures initiales de trempe.
(*a*) Soudure de 3,6 mg.
(*b*) Soudure de 23,6 mg.

Fig. 2 *c*. — Variations de la vitesse de refroidissement avec la température dans le cas des couples placés au voisinage de la surface et au centre, dans un échantillon cylindrique de nickel (diamètre : 8 mm; hauteur : 10 mm).

phénomènes superficiels (grand rapport S/V, tableau I). Ces considérations conduisent à admettre que pour engendrer une couche de caléfaction, la pièce trempée doit contenir une quantité minimale de chaleur que nous évaluons à environ 10 cal par centimètre carré de paroi.

Cette valeur critique est toujours dépassée avec notre échantillon cylindrique de 8 mm de diamètre et 10 mm de hauteur. La figure 2 *c* montre bien, en effet, qu'un couple thermoélectrique placé derrière la surface enregistre une courbe à palier ; mais la couche de caléfaction n'a pas une durée suffisante pour être décelée par un couple disposé au centre. La masse de l'échantillon exerce un « effet écran » qui masque les phénomènes de caléfaction de durée inférieure à 1 s [2].

Les branches de basses températures des courbes de vitesse (*fig.* 2 *a* et *b*) se confondent à une exception près. Elles se dirigent vers le point 100°C de l'axe des températures tant que l'échantillon est à une température supérieure à 100°C. Lorsque la température s'abaisse au-dessous de cette valeur, elles rejoignent le point représentatif de la température de la masse du liquide. La transition n'est pas toujours visible avec un couple disposé au centre d'un gros échantillon. Dans les cas où elle apparaît, elle se situe à une température plus élevée à cause de l'écart de température qui existe entre le centre et la surface.

TABLEAU I.

Masse des soudures (mg)	3,6	23,6
Valeur du rapport $\frac{\text{surface}}{\text{volume}}$	62	33
Trempe depuis 405°C : vitesse maximale (°C/s)	26 500	13 200
Trempe depuis 800°C. Vitesse maximale (°C/s)	19 300	10 000
Trempe depuis 800°C. Hauteur moyenne du palier (°C/s)	14 000	6 500

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) R. BIGOT et R. FAIVRE, *Comptes rendus*, 240, 1955, p. 774.

(2) R. BIGOT, *Thèse*, Nancy, 1962.

THERMODYNAMIQUE. — *Étude ultrasonore de sels fusibles à haute température.* Note (*) de Mme **Madeleine Blanc**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Les résultats sont donnés, portant sur la vitesse de propagation ultrasonore et la compressibilité adiabatique de milieux salins fusibles à haute température (NaF, LiF).

Dans une Note précédente [1] nous avons décrit une méthode expérimentale permettant de déterminer la vitesse d'ondes ultrasonores dans des sels fondus jusqu'à une température de 1200°C et d'en déduire la compressibilité adiabatique χ_s des sels étudiés. Nous avons appliqué cette technique à l'étude des fluorures de lithium et de sodium, étude qui n'avait jamais été effectuée jusqu'à présent.

Ce travail a été fait pratiquement dans des conditions expérimentales identiques à celles déjà publiées par nous pour le fluorure de potassium [1]. Toutefois, le bloc en acier inoxydable faisant office de bloc « chaud et froid » tel que son extrémité inférieure plongeant dans le bain soit à la température de celui-ci, et son extrémité supérieure à la température ambiante, pour permettre le bon comportement de l'émetteur ultrasonore qui lui est appliqué, n'est plus recouvert de platine au niveau du sel fondu; la couche de platine la plus épaisse qui peut être déposée étant de 5 μ ne résiste pas en effet assez longtemps à l'attaque de sels aussi agressifs. L'attaque de l'élément de couplage (bloc d'acier chaud et froid) au niveau du bain est atténuée par la présence d'une circulation d'argon dans le four pendant toute la durée des expériences. Les résultats obtenus pour les deux fluorures étudiés, tout en étant très satisfaisants n'atteignent pas pour cette raison la haute précision de ceux publiés précédemment.

Nous avons obtenu les résultats suivants; la compressibilité adiabatique est calculée à partir des valeurs de la densité des sels citées par « International critical tables » [2].

T (°C).	V (m/s).	$\chi_S^{10^{12}}$ (cm²/dyne).
I. — *Fluorure de lithium.*		
1040	2300	11,2
1015	2350	10,5
980	2400	10,0
945	2420	9,7
910	2450	9,4
890	2500	8,9
II. — *Fluorure de sodium.*		
1160	1900	16,4
1130	1940	14,2
1100	1965	13,7
1060	2000	13,0
1025	2060	12,3

Nous observons ici encore une diminution de la vitesse du son lorsque la température du sel liquide s'élève et, corrélativement, une augmentation pratiquement linéaire de la compressibilité adiabatique.

Si nous rapprochons ces derniers résultats de ceux obtenus pour le fluorure de potassium, nous constatons une nette diminution de la vitesse du son, donc une augmentation de la compressibilité lorsqu'on passe du sel de lithium au sel de potassium. Il existe donc une relation certaine entre ces valeurs et les grandeurs des ions constitutifs des sels étudiés, ainsi qu'avec la structure à l'état liquide.

Nous exploiterons ultérieurement ces premiers résultats expérimentaux pour obtenir des données thermodynamiques fondamentales sur ces milieux liquides salins ignés encore si peu connus à ces points de vue.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) Mme M. Blanc, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2532.

(2) *Internat. Crit. Tables*, III, 1928.

(*Faculté des Sciences, Paris, Laboratoire de physique enseignement.*)

ACOUSTIQUE. — *Sur un critère de linéarité et non-linéarité en Acoustique : application à certains résonateurs.* Note de M. **Marcel Gourceaux**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Le but de la présente Note est d'appliquer au problème de l'obtention des harmoniques des tuyaux sonores le critère de linéarité et non-linéarité (critère C) que j'ai déjà indiqué (1) et utilisé notamment pour la mise en équation de certaines actions destructrices des ultrasons (2).

De l'ensemble des faits expérimentaux (3), il ressort qu'une théorie des tuyaux sonores doit permettre le calcul des pressions-limites d'inéluctabilité des sauts d'une fréquence propre à celle immédiatement supérieure tout en laissant au tuyau la liberté d'effectuer les sauts correspondants pour des pressions plus faibles.

Nous adopterons pour modèle de fonctionnement d'un tuyau sonore celui récemment proposé par J. Mercier (4) (l'adoption d'un autre modèle ne changeant ni l'esprit du calcul ni l'allure des résultats) : tuyau de rayon a, ouvert à un bout, fermé à l'autre, rempli d'ondes stationnaires planes P; côté ouvert, à l'extérieur d'une demi-sphère de rayon a, ondes parfaitement sphériques S, la demi-sphère de raccord étant à surpression uniforme à cause de $a \ll \lambda$.

En combinant les notations des deux études [(1), (4)] rappelées, il vient :

1° Ondes P supposées seules : pour une fréquence propre N, le saut à la fréquence propre immédiatement supérieure aura lieu au plus tard pour

$$\Delta p_0 = k\frac{2\pi^2\rho V^2 a^2}{\lambda^2};$$

k caractérisant le fluide dans le cadre du critère C; ce résultat est obtenu en appliquant le critère C à la formule

$$u_{x_i} = \Delta p_0 \sin q(1 - x_i)\, e^{\frac{j\omega t}{Z}} \sin ql.$$

2° Ondes S supposées seules : pression limite :

$$\Delta p_0 = k\frac{2\pi\rho V^2 a}{\lambda};$$

en effet, brièvement : la formule générale

$$s = \frac{A}{r}\frac{1}{2\pi}\frac{\lambda}{r}\sin 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda}\right) + \frac{A}{r}\cos 2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{r}{\lambda}\right)$$

conduit à l'identification

$$\frac{1}{2}\frac{1}{Z}\Delta p_0 = \frac{A}{aT}\sqrt{\left(\frac{\lambda}{a}\right)^2 + 4\pi^2}$$

et, d'autre part, le critère C impose

$$\frac{2\pi A}{k\lambda} < a.$$

Comme il le faut, les deux expressions obtenues sont des fonctions croissantes de la fréquence. Puisqu'il s'agit du passage d'un régime linéaire à un autre régime linéaire, les pressions calculées laissent au tuyau la possibilité d'effectuer les sauts pour des pressions inférieures, contrairement à ce qui se produirait dans le cas du passage à un régime non linéaire. Comme $a/\lambda \ll 1$, c'est la première condition qui est à retenir : elle résoud donc le problème posé pour les premiers harmoniques. Ensuite, lorsqu'on s'élève dans les harmoniques de plus en plus aigus, l'hypothèse $a \ll \lambda$ n'étant plus valable, la demi-sphère de raccord devient une zone de propagation. Le régime qui s'y établit tend progressivement vers une focalisation : or l'application ([4]) du critère C à ce dernier phénomène montre qu'il ne peut se produire sans entraîner une réaction anti-élastique d'une fraction du milieu intéressé. Ici, lorsqu'elle se déclenchera finalement, cette réaction amènera l'impossibilité de l'enchaînement des régimes P et S : en effet, l'expérience montre que le tuyau finit par donner un son d'écoulement, indépendant de sa longueur (passage à un régime non linéaire).

([1]) M. GOURCEAUX, *Thèse*, Caen, 1957.
([2]) M. GOURCEAUX, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 1374.
([3]) H. BOUASSE, *Ouvrages sur les tuyaux et résonateurs*, 1929 et 1948.
([4]) J. MERCIER, *Ann. Télécomm.*, 14, 1959, p. 297.

(Faculté des Sciences, Rouen-Mont Saint Aignan, Laboratoire des couches minces.)

MAGNÉTISME. — *Effets magnétiques irréversibles des contraintes dans le domaine de Rayleigh.* Note (*) de M. **Lucien Brugel**, transmise par M. Louis Néel.

On a étudié expérimentalement, sur un ferrite de nickel-zinc, les effets magnétiques irréversibles des contraintes dans le domaine de Rayleigh. Les résultats s'interprètent de façon satisfaisante par la théorie des champs fictifs équivalents.

Dans une Communication inédite [1] L. Néel a analysé le processus du déplacement des parois de Bloch dans le domaine de Rayleigh, sous l'effet des champs magnétiques et des contraintes appliquées.

Il définit la direction de polarisation $\vec{P}$ d'une paroi par $\vec{P} = \vec{J}_2 - \vec{J}_1$, $\vec{J}_2$ et $\vec{J}_1$ étant les aimantations spontanées, de part et d'autre de la paroi, avec les hypothèses suivantes : les variations d'aimantation sont uniquement dues au déplacement des parois; la substance est isotrope; les directions $\vec{P}$ sont isotropes; les variations de champ ne modifient ni les directions des vecteurs $\vec{P}$, ni la surface des parois.

Cette théorie permet ainsi de calculer, entre autre, la variation irréversible d'aimantation subie par un ferromagnétique sous l'action, simultanée ou successive, de champs et de contraintes.

Dans le cas particulier où un échantillon est soumis à un champ, puis à une traction, on obtient

$$(1)\qquad \Delta J_{irr}(H, \sigma)_{\sigma} \quad \text{proportionnel à} \quad \frac{8b}{15\pi} WH \cos\omega,$$

formule dans laquelle : $\Delta J_{irr}(H, \sigma)_{\sigma}$, variation irréversible d'aimantation selon la direction de la contrainte; b, deuxième coefficient de Rayleigh relatif à une paroi; H, champ magnétique réel; ω, angle formé par le champ et la direction de contrainte; $W = 3\lambda_s\sigma/J_s\sqrt{2}$, champ équivalent de contrainte; λ_s, magnétostriction à saturation, J_s, aimantation à saturation; σ, contrainte.

Nous avons entrepris la vérification expérimentale de cette formule sur un ferrite de nickel-zinc, de caractéristiques magnétiques suivantes :

$$J_s = 287 \text{ u. é. m.}, \qquad \lambda_s = 22{,}4.10^{-6}, \qquad H_c = 9{,}5 \text{ Oe}.$$

Pour approcher les conditions de validité de l'étude théorique de L. Néel, nous nous sommes imposé les précautions suivantes : étude dans le domaine de Rayleigh, et application de contraintes suffisamment faibles pour ne modifier que très peu les surfaces de paroi.

Les variations d'aimantation étant alors faibles, nous les avons mises en évidence par une mesure différentielle avec le processus opératoire suivant : 1° désaimantation sous tension nulle; 2° application du champ

magnétique à l'échantillon et au témoin; 3° application momentanée d'une traction à l'échantillon; 4° mesure de la différence d'aimantation entre l'échantillon ainsi traité, et le barreau témoin.

Ces différentes manœuvres étant opérées à des intervalles de temps bien définis, de façon à pouvoir tenir compte du traînage de fluctuation thermique (²).

La figure 1 montre les résultats obtenus pour les trois valeurs du champ indiqué; courbe expérimentale en trait plein, points expérimentaux représentés.

Dans cet essai, W et H sont du même ordre de grandeur et l'on ne peut plus négliger le terme quadratique en W, la formule (1) se transforme

$$\Delta J_{irr}(H, \sigma) = \beta\left[\frac{8b}{15\pi} HW + \frac{b}{48} W^2\right], \qquad (2)$$

β étant un coefficient de proportionnalité qui dépend du rapport des surfaces de parois à 90° aux parois totales.

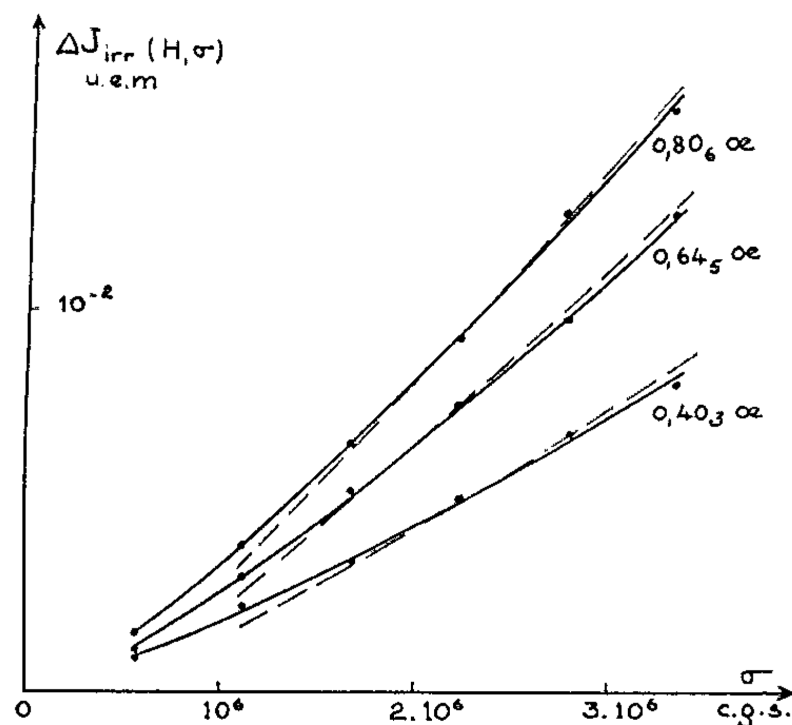


Fig. 1.

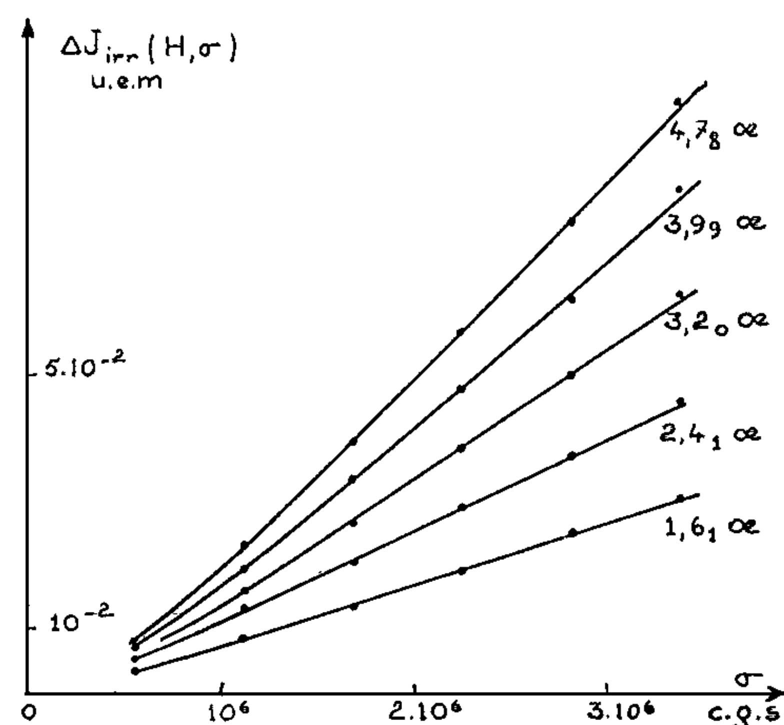


Fig. 2.

Sur la même figure, nous avons reporté en pointillé la variation théorique d'aimantation selon la formule (2), en tenant compte (au premier ordre) du traînage de fluctuation.

Les coefficients b, J_s, λ_s ainsi que l'action du traînage ont été déterminés par des essais préalables. Le coefficient β, seul, est ajusté sur les résultats expérimentaux. Sa valeur est 0,285.

Nous nous sommes ensuite proposé de trouver la limite de validité du schéma de Néel en explorant un domaine de champ plus étendu.

Avec le même mode opératoire que précédemment, le champ appliqué a été progressivement augmenté jusqu'à 4,78 Oe. La figure 2 montre les résultats. Il apparaît que la variation $\Delta J_{irr}(\sigma)$ peut être considérée comme linéaire à partir d'une certaine distance de l'origine. En effet, le rapport W/H devient petit et le terme quadratique en W est négligeable.

La courbure au voisinage de l'origine est caractéristique des phénomènes de traînage de fluctuation, et l'on peut dans le cas présent tenter la vérification du schéma de Néel sur la pente limite de $\Delta J_{irr}(\sigma)$.

Dans le cas des champs supérieurs à ceux du domaine de Rayleigh, Néel fait intervenir la susceptibilité différentielle irréversible des parois (s_{irr}). On ne peut malheureusement pas obtenir une expression mathématique donnant la variation de s_{irr} en fonction du champ dans un domaine assez étendu. Aussi avons-nous utilisé un développement en série limité au terme du deuxième ordre, $s_{irr} = A_1 H_e + A_2 H_e^2$, H_e étant le champ agissant sur la paroi.

Dans ces conditions, on trouve

$$\Delta J_{irr}(H, \sigma) = \beta \left[\frac{4 A_1 H}{15\pi} + \frac{A_2 H^2}{16} \right] W, \tag{3}$$

les coefficients A_1 et A_2 sont déterminés par un essai préalable.

La vérification de la formule (3) est alors possible et le résultat est donné au tableau suivant :

	H (Oe).				
	1,61.	2,41.	3,20.	3,99.	4,78.
$\frac{\partial \Delta J_{irr}}{\partial \sigma}$ th........	$9,8.10^{-9}$	$15,2.10^{-9}$	$20,8.10^{-9}$	$26,8.10^{-9}$	33.10^{-9}
$\frac{\partial \Delta J_{irr}}{\partial \sigma}$ exp......	$10,2.10^{-9}$	15.10^{-9}	$21,3.10^{-9}$	26.10^{-9}	31.10^{-9}

L'accord est satisfaisant jusqu'à 4 Oe environ.

On peut en conclure que le schéma théorique proposé représente, avec une bonne approximation, la réalité physique. En outre, dans le domaine des champs exploré, la répartition des parois est peu variable.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

[1] L. Néel, Publications à paraître.

[2] J. C. Barbier, *Thèse*, Grenoble, 1953.

(*Laboratoire de Physique industrielle, Institut Polytechnique, Grenoble.*)

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Application d'une méthode variationnelle générale au calcul de la constante de propagation d'un guide rectangulaire partiellement rempli d'un milieu gyroélectrique et gyromagnétique.* Note (*) de MM. **Laurent Cairo** et **Théo Kahan**, présentée par M. Louis de Broglie.

On établit que la méthode indiquée par M. N'Guyem Van Tran (1) découle d'un principe variationnel très général (2). On l'applique au cas du déphaseur.

1. *Le principe variationnel.* — On sait (2), qu'étant donné un opérateur $\mathcal{L}$ et son adjoint $\mathcal{L}^{+}$ tels que

$$\mathcal{L} f = 0, \qquad \mathcal{L}^{+} g = 0,$$

l'expression

$$(1) \qquad I = \int_{D} \bar{g}\, \mathcal{L} f\, dv = \int_{D} f\, \mathcal{L}^{+} g\, dv$$

est extrémale.

Soit alors un guide rectangulaire rempli d'un milieu de perméabilité et permittivité du type

$$(2) \qquad \overleftrightarrow{\mu} = \mu_0 \begin{pmatrix} \mu_1 & j\varkappa & 0 \\ -j\varkappa & \mu_1 & 0 \\ 0 & 0 & \mu_2 \end{pmatrix}, \qquad \overleftrightarrow{\varepsilon} = \varepsilon_0 \begin{pmatrix} \varepsilon_1 & j\eta & 0 \\ -j\eta & \varepsilon_1 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_2 \end{pmatrix}.$$

Prenons un repère cartésien dont l'axe Oy pointe dans la direction de propagation et dont l'axe Oz est aligné suivant la direction du champ magnétique constant. L'origine étant placée sur l'extrémité gauche du grand côté L, les petits côtés du guide ont pour abscisses $x = 0$ et $x = L$. Admettons en première approximation, qu'on puisse propager dans ce milieu les modes TE_{n0} comme dans le guide vide. Soit

$$\vec{E} = \vec{e}_z E(x) \exp[j\omega t - \gamma y],$$
$$\vec{H} = [\vec{e}_x H_x(x) + \vec{e}_y H_y(x)] \exp[j\omega t - \gamma y];$$

les équations de Maxwell s'écrivent alors

$$(3a) \qquad \overrightarrow{\mathrm{rot}}.\vec{E} + j\omega\mu_0 \overleftrightarrow{\mu}.\vec{H} = \gamma \vec{e}_y \wedge \vec{E},$$

$$(3b) \qquad \overrightarrow{\mathrm{rot}}.\vec{H} - j\omega\varepsilon_0\varepsilon_2 \vec{E} = \gamma \vec{e}_y \wedge \vec{H}.$$

Multiplions à gauche (3 *a*) par $\overleftrightarrow{\mu}_t$ (transposé de $\overleftrightarrow{\mu}$). On a

$$(4) \qquad \overleftrightarrow{\mu}_t.\overrightarrow{\mathrm{rot}}\vec{E} + j\omega\mu_0(\mu_1^2 - \varkappa^2)\vec{H} = \gamma \overleftrightarrow{\mu}_t.\vec{e}_y \wedge \vec{E}.$$

En éliminant $\vec{H}$ entre (3 *b*) et (4) il vient

$$(5) \qquad \mathcal{L}\vec{E} = \gamma^2 \vec{e}_y \wedge (\overleftrightarrow{\mu}_t.\vec{e}_y \wedge \vec{E}) - \gamma[\vec{e}_y \wedge \overleftrightarrow{\mu}_t \overrightarrow{\mathrm{rot}}.\vec{E} + \overrightarrow{\mathrm{rot}}.\overleftrightarrow{\mu}_t(\vec{e}_y \wedge \vec{E})] + \overrightarrow{\mathrm{rot}}.(\overleftrightarrow{\mu}_t \overrightarrow{\mathrm{rot}}.\vec{E}) - \omega^2\varepsilon_0\mu_0(\mu_1^2 - x^2)\varepsilon_2\vec{E} = 0$$

Pour obtenir l'opérateur adjoint, il suffit de tenir compte des conditions aux limites, après application de quelques relations vectorielles élémentaires. Il en résulte

$$(6)\quad \mathcal{L}^{+} \equiv \gamma^2 \vec{e}_y \wedge (\overleftrightarrow{\mu} . \vec{e}_y \wedge .) + \gamma \left[\vec{e}_y \wedge \overleftrightarrow{\mu}\, \mathrm{rot}. + \overrightarrow{\mathrm{rot}}. (\vec{e}_y \wedge .)\right] + \overrightarrow{\mathrm{rot}}. (\overleftrightarrow{\mu} . \overrightarrow{\mathrm{rot}}.) - \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 \mu_1^2 - \varkappa^2)\, \varepsilon_2.$$

Si l'on désigne par E^+ le champ adjoint, (1) prend la forme

$$(7)\quad \gamma^2 \int_S (\vec{e}_y \wedge \vec{E}^+) \overleftrightarrow{\mu}_t . (\vec{e}_y \wedge \vec{E})\, ds - \gamma \int_S \left[(\vec{e}_y \wedge \vec{E}^+) \overleftrightarrow{\mu}_t\, \overrightarrow{\mathrm{rot}}\, \vec{E} - \overrightarrow{\mathrm{rot}}. \vec{E}^+ \overleftrightarrow{\mu}_t (\vec{e}_y \wedge \vec{E})\right] ds - \int_S \overrightarrow{\mathrm{rot}}. \vec{E}^+ . \overleftrightarrow{\mu}_t . \overrightarrow{\mathrm{rot}}\, \vec{E}\, ds + \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon_2 (\mu_1^2 - \varkappa^2) \int \vec{E}^+ . \vec{E}\, ds = 0.$$

Remarquons que pour un milieu sans pertes $\vec{E}^+ = \vec{E}$, comme on peut le vérifier facilement par (5) et (6) en posant $\overleftrightarrow{\mu}_t = \overleftrightarrow{\mu}$, $\gamma = j\beta$. Pour le cas des ferrites $\varepsilon_2 = 1$ et l'on retrouve le procédé variationnel donné par M. N'Guyem Van Tran dans l'approximation des modes TE_{n0} et valable uniquement dans ce cas.

2. *Application au déphaseur.* — Il est intéressant d'envisager le cas où le milieu remplit partiellement le guide et a la forme d'une plaque rectangulaire d'épaisseur δ disposée parallèlement au plan Oyz et couvrant toute la hauteur du guide. On prend un milieu sans pertes et l'on admet $E(x)$ et $dE(x)$ continus à la surface de séparation milieu — air, ε_0 et μ_0 étant les constantes de ce dernier. La position de la plaque est repérée par l'abscisse a du côté gauche. On a pour (7) :

$$(\beta^2 - \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0) \left[\int_0^a E^2(x)\, dx + \int_{a+\delta}^{L} E^2(x)\, dx\right] + (\beta^2 - \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 \varepsilon_2 \mu_e) \int_a^{a+\delta} E^2(x)\, dx + \int_0^L \left[\frac{dE(x)}{dx}\right]^2 dx - 2\beta \frac{\varkappa}{\mu_1} \int_a^{a+\delta} E(x) \frac{dE(x)}{dx}\, dx = 0.$$

Pour les modes TE_{10}, $E(x) = \sin \pi x/L$ et

$$\beta^2 - \beta_0^2 = \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 \chi \left[\frac{\delta}{L} - \frac{L}{2\pi^2}\left(\sin \frac{2\pi(a+\delta)}{L} - \sin \frac{2\pi a}{L}\right)\right] + 2\beta \frac{\varkappa}{L\mu_1} \left\{\sin^2 \frac{\pi(a+\delta)}{L} - \sin^2 \frac{\pi a}{L}\right\}$$

où

$$\beta_0^2 = \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 - \frac{\pi^2}{L^2}, \qquad \chi = \varepsilon_2 \mu_e - 1, \qquad \mu_e = \frac{\mu_1^2 - \varkappa^2}{\mu_1}.$$

Cas particuliers :

1° $a = (L/2) - (\delta/2)$ (déphaseur réciproque) :

$$\beta^2 - \beta_0^2 = \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 \chi \left(\frac{\delta}{L} + \frac{L}{\pi^2} \sin \frac{\pi \delta}{L}\right);$$

2° $a = 0$:

$$\beta^2 - \beta_0^2 = \omega^2 \varepsilon_0 \mu_0 \chi \left(\frac{\delta}{L} - \frac{L}{2\pi^2} \sin \frac{2\pi\delta}{L} \right) + 2\beta \frac{\chi}{\mu L} \sin^2 \frac{\pi\delta}{L}.$$

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(1) N'Guyem Van Tran, *Ann. Radioélectr.*, 17, 1962, p. 119.

(2) T. Kahan et G. Rideau, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 849; *J. Phys. Rad.*, 13, 1952; T. Kahan, G. Rideau et P. Roussopoulos, *Mém. Sc. math.*, 134, 1956; L. Cairo et T. Kahan, *Techniques variationnelles en Radioélectricité*, Dunod, Paris, 1962, p. 56.

(*Institut Henri Poincaré*, 11, *rue Pierre-Curie, Paris*, 5e.)

ÉLECTRONIQUE. — *Largeur de raie d'un oscillateur Laser, considéré comme le siège d'une réaction en chaîne.* Note de M. **Augustin Blaquière**, présentée par M. Louis de Broglie.

La largeur de raie d'un oscillateur Laser est obtenue en considérant l'analogie formelle entre le phénomène d'émission stimulée et le phénomène de fission. L'oscillateur Laser est considéré comme un système surcritique stabilisé par effet non linéaire.

L'analogie *formelle* entre le phénomène d'émission stimulée et le phénomène de fission nous a suggéré d'appliquer aux lasers une théorie précédemment utilisée dans l'étude des fluctuations neutroniques d'un réacteur nucléaire ([1]). On retrouve ainsi rapidement l'expression de la largeur de raie d'un oscillateur Laser (ou Maser) obtenue dans une Note précédente ([2]), à partir de la théorie des autooscillateurs non linéaires classiques. Nos hypothèses sont les suivantes :

1° La cavité est assimilée à une enceinte isotherme à la température absolue T. A l'intérieur nous considérons deux types de particules en présence : un gaz de photons et les particules du faisceau. Ce système est l'analogue d'un réacteur nucléaire au sein duquel évolue un gaz de neutrons. Le système peut être sous-critique, critique, ou surcritique; ici le système sera surcritique si le nombre de photons est une fonction croissante du temps, et la criticalité correspond à la limite d'accrochage de l'oscillateur. D'autre part la cavité est une source de bruit thermique, et cède au gaz $\overline{S}$ photons par seconde en moyenne.

2° Lorsqu'un photon rencontre une particule du faisceau, l'émission stimulée se produit, conduisant à deux photons disponibles : le photon initial et le photon émis. Nous raisonnerons comme si le phénomène entraînait la disparition du photon incident et conduisait à la création de deux nouveaux photons, ce qui nous permet d'utiliser la terminologie des réacteurs nucléaires en introduisant le facteur de reproduction ν, qui vaut ici $\nu = 2$. D'ailleurs nous désignerons par p_f la probabilité associée à cet événement.

3° Nous désignerons par l la durée de vie moyenne d'un photon dans l'enceinte, ce qui définit la largeur de raie élémentaire $2\Delta f = 1/\pi l$, et par p_a sa probabilité de disparition *sans production d'émission stimulée* ($p_a + p_f = 1$).

L'application de la méthode de Fokker-Planck, conformément au calcul développé à propos des réacteurs nucléaires ([1]) et avec les mêmes notations, conduit à la loi d'évolution de la fonction génératrice de probabilités du système, $g(x, t)$, associée à la probabilité $P(N, t)$ d'observer N

photons dans le système au temps t :

$$\frac{\partial g}{\partial t} = \overline{S}(x-1)g - \frac{1}{l}(x - p_a - x^\nu p_f)\frac{\partial g}{\partial x}.$$

On en déduit par dérivation par rapport à x, puis en posant $x = 1$, l'équation d'évolution du nombre moyen $\overline{N}$:

(1) $$\frac{d\overline{N}}{dt} + \frac{1-\nu p_f}{l}\overline{N} = \overline{S}$$

et dans les conditions du régime stationnaire $\left(d\overline{N}/dt = 0\right)$ il vient

(2) $$\overline{N} = \frac{l\overline{S}}{1-\nu p_f}.$$

On voit ainsi que la condition d'accrochage des oscillations est obtenue pour

$$\nu p_f = 1, \qquad \text{soit avec} \quad \nu = 2, \qquad p_f = \frac{1}{2}.$$

Pour $\nu p_f > 1$, les oscillations ont une amplitude croissante. Nous la supposerons limitée par les non-linéarités, ce qui revient à considérer νp_f comme une fonction décroissante de $\overline{N}$, $\varphi(\overline{N})$. Les conditions du régime stationnaire sont alors définies par

$$\overline{N} = \frac{l\overline{S}}{1-\nu p_f} = \frac{l\overline{S}}{1-\varphi(\overline{N})}.$$

D'autre part, le nombre moyen de photons cédés au gaz par les parois, par seconde, est égal au nombre de photons du gaz qui disparaîtraient par seconde si l'équilibre thermique était réalisé, soit

(3) $$\overline{S} = \frac{kT}{hf_0}\frac{1}{l} \qquad (hf_0, \text{ énergie d'un quantum}).$$

La durée de corrélation du système est $\tau_1 = l/(1-\nu p_f)$, d'après (1), et la relation entre la largeur de raie élémentaire $2\Delta f$ et la largeur spectrale de l'oscillation $2\delta f$ est obtenue simplement à partir de (2) et (3). On a

(4) $$2\delta f = \frac{1}{\pi\tau_1} = \frac{\overline{S}}{\pi\overline{N}} = \frac{kT}{\overline{N}hf_0}\frac{1}{\pi l}.$$

Enfin si l'on introduit dans (4) la puissance dépensée par seconde :

$$P = \frac{\overline{N}hf_0}{l},$$

il vient

$$2\delta f = \frac{kT}{P}\frac{1}{\pi l^2}$$

et l'on retrouve la formule précédente (2) :

$$(5) \qquad 2\delta f = \frac{4kT}{P}\pi(\Delta f)^2 \qquad \text{avec} \quad 2\Delta f = \frac{1}{\pi l}.$$

Suivant A. L. Schawlow et C. H. Townes ([4]) il y a d'ailleurs lieu de remarquer que, aux fréquences utilisées, on a $hf_0 \gg kT$, ce qui conduit dans le cas des lasers à remplacer dans la formule (3) kT/hf_0 par l'unité. La formule (5) devient alors

$$(6) \qquad 2\delta f = \frac{4hf_0}{P}\pi(\Delta f)^2.$$

([1]) A. Blaquière et R. Pachowska, *Rapport C. E. A.*, n° 2115, 1962.
([2]) A. Blaquière et Pierre Grivet, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2929.
([3]) A. Blaquière, *Théorie de la réaction de fission en chaîne*, Bibliothèque des Sciences et Techniques Nucléaires, 1962.
([4]) A. L. Schawlow et C. H. Townes, *Phys. Rev.*, 112, n° 6, 15 décembre 1959.

(*Institut d'Électronique*, B. P. n° 4, *Orsay, Seine-et-Oise*.)

DÉCHARGE DANS LES GAZ. — *Essai d'interprétation physique d'un phénomène de conversion d'énergie.* Note (*) de MM. **Jean Debiesse**, **Siegfried Klein** et **Joseph Taillet**, transmise par M. Francis Perrin.

Nous avons récemment mis en évidence [1] expérimentalement la possibilité de recueillir de la puissance électrique à partir d'électrodes plongées dans un gaz à pression voisine de la pression atmosphérique, animé d'un mouvement de rotation ou à des variations de pression sonore [2] et soumis à une irradiation par rayons X. Le phénomène est particulièrement net avec l'argon. Nous proposons, dans la présente Note, une explication possible pour cette conversion d'énergie.

L'ordre de grandeur des tensions obtenues à vide (quelques volts) et des courants recueillis en court-circuit (environ 10^{-9} A) sur des électrodes d'une fraction de centimètre carré distantes de 1 cm suggèrent que les porteurs de charge responsables du phénomène sont des électrons relativement rapides et peu nombreux. Or, le gradient de densité de neutres résultant de la rotation du gaz crée une dissymétrie dans la fonction source des électrons rapides qui prendront naissance, sous l'effet d'une irradiation homogène, en plus grande quantité au voisinage de l'électrode située dans la région où la densité de neutres est la plus forte. Pour estimer les conséquences de cette dissymétrie il nous faut considérer quelques ordres de grandeur relatifs aux mécanismes de production, de transport et de disparition des porteurs de charge.

Dans le domaine d'énergie du rayonnement X utilisé (10 à 25 keV), la photoionisation prédomine sur l'effet Compton. Compte tenu de l'intensité de la source, un calcul approché montre que, dans l'argon, la photoionisation accompagnée parfois d'effet Auger, produit de 10^8 à 10^9 paires d'ions et d'électrons primaires à haute énergie par centimètre cube et par seconde. Ces électrons primaires perdent rapidement leur énergie en créant près de 10^{11} paires d'ions et d'électrons secondaires par centimètre cube et par seconde. On trouve donc à la fois dans le gaz des porteurs de charge très rapides et très lents en même temps qu'une classe de porteurs résultant du ralentissement des premiers et de l'éjection de secondaires à énergie moyenne. Nous étudierons sommairement, dans ce qui suit, les propriétés de ces trois catégories de porteurs.

Classe a. — Elle comporte les primaires rapides, dans la période de leur vie où leur énergie est supérieure au premier seuil d'excitation du gaz. Cette période est très courte, car les chocs inélastiques absorbent rapidement leur énergie. Pour l'argon, dans les conditions de notre expérience, le temps de vie de la classe a est de l'ordre de 10^{-10} s, la densité n'est alors que de 0,01 à 0,1 électron rapide par centimètre cube.

Ces électrons, quoiqu'ils subissent, surtout dans le cas des gaz à Z élevé, un nombre non négligeable de collisions élastiques en même temps que les collisions inélastiques qui les ralentissent, sont diffusés principalement

vers l'avant et progressent pratiquement en ligne droite. La distribution de leurs vitesses initiales est isotrope dans un plan perpendiculaire à la direction du rayonnement X et leur parcours est inversement proportionnel à la pression.

Un calcul simple montre que, dans le cas unidimensionnel, le parcours l_0 est lié à l'énergie initiale W_0 des porteurs par la relation

$$W_0^2 = K \int_0^{l_0} n_0(l)\, dl,$$

où n_0 est la densité de neutres et K une constante dépendant du gaz. Or, le courant de porteurs de la classe *a* traversant dans chaque sens un plan donné est proportionnel à $\int_0^{l_0} n_0(l)\, dl$, c'est-à-dire à la constante W_0^2, à condition que l_0 soit inférieur à la distance qui sépare le plan donné de l'électrode. Ce courant est donc nul à travers tout plan suffisamment éloigné des électrodes, et les courants recueillis par chacune des deux électrodes sont égaux malgré le gradient de pression, ce qui peut à la rigueur provoquer une différence de potentiel entre gaz et électrodes, mais est incapable d'entraîner le phénomène de conversion observé.

La plus grande partie des porteurs de la classe *a* n'est cependant pas recueillie sur les électrodes ou les parois et se tranforme par ralentissement en porteurs de la classe *c*.

Classe b. — Nous rangerons dans cette catégorie les ions et les électrons secondaires lents. Si l'on suppose qu'ils disparaissent essentiellement par recombinaison dissociative, ce qui est probable dans l'argon à la pression de travail, leur densité est de l'ordre de 10^9 par centimètre cube et leur durée de vie 10^{-2} s. L'effet de leur forte densité compense leur faible mobilité, et les électrons de la classe *b* pourraient court-circuiter les électrodes s'il n'apparaissait pas dans le gaz un puits de potentiel capable de les retenir. Le rôle des ions est essentiel pour expliquer le maintien de régimes stationnaires et l'écoulement des charges sur les électrodes.

Classe c. — Elle comprend les secondaires rapides et les électrons primaires après leur ralentissement par chocs inélastiques. Leur énergie est alors transférée très lentement aux neutres par chocs élastiques, et dans l'argon par suite de l'effet Ramsauer, leur population tend à conserver une énergie de 0,8 eV pendant 10^{-5} s, avec une densité de l'ordre de 10^6 par centimètre cube. Ils diffusent facilement et ont une forte tendance à égaliser leur pression dans tout le volume qui leur est offert. Suffisamment loin des électrodes, la densité de courant obtenue est donnée par la relation

$$(1) \qquad \vec{j} = e\left(-D\vec{\nabla}n + n\mu\vec{E}\right), \qquad \text{avec} \quad = \frac{kT_e}{m\nu};$$

D, coefficient de diffusion des électrons « Ramsauer » : $1{,}5.10^5\ \text{cm}^2.\text{s}^{-1}$;
kT_e, énergie des électrons « Ramsauer » : $1{,}3.10^{-12}$ ergs;

ν, fréquence de collisions des électrons « Ramsauer » avec les neutres : $10^{10}\ s^{-1}$;

m, masse de l'électron : 9.10^{-28} u. é. s. C. G. S.;

e, charge de l'électron : $1{,}6.10^{-19}$ C;

n, densité des électrons « Ramsauer » (cm^{-3});

∇n, gradient de densité des électrons « Ramsauer » (cm^{-4});

μ, mobilité des électrons « Ramsauer » : $1{,}7.10^{5}\ cm^{2}.V^{-1}.s^{-1}$;

E, champ électrique ($V.cm^{-1}$).

Quoique le gradient de densité des porteurs de la classe c soit difficile à évaluer correctement, car il dépend des coefficients de transport de la classe a, nous supposerons en première approximation que $\nabla n/n$ est du même ordre que $\nabla n_0/n_0$ (∇n_0, gradient de la densité de neutres), soit 0,2 cm^{-1} et que le champ électrique dû à la charge d'espace et à la différence de potentiel des électrodes est nul. Si $\nabla n = 2.10^{5}\ cm^{-4}$, le flux de porteurs résultant de la diffusion est de $3.10^{10}\ s^{-1}.cm^{-2}$. La conservation de la charge électrique entraîne, dans la structure plane, que la densité de courant totale aux électrodes a la même valeur qui correspond bien à l'ordre de grandeur du courant mesuré.

Conclusion : Caractéristiques du générateur obtenu. — Lorsque les électrodes sont en court-circuit, on observe un courant dont le sens et l'ordre de grandeur correspondent bien à l'hypothèse de la diffusion des électrons « Ramsauer » au sein du gaz. La densité du plasma reste stationnaire par suite de l'intervention des porteurs de la classe b (ions ou secondaires émis par les électrodes) que les deux électrodes échangent avec le gaz par suite de la légère différence de potentiel existant entre celui-ci et les électrodes et dont le courant compense le courant d'électrons qui diffuse sur chaque électrode.

Lorsque les électrodes débitent sur une résistance, on obtient une force électromotrice, donc un champ électrique dans le gaz. Ce champ est tel qu'il tend à arrêter la diffusion des électrons de la classe c. Pour des valeurs de l'ordre d'une fraction de volt par centimètre, les électrons « Ramsauer » sont d'abord stoppés, puis au fur et à mesure que le champ augmente, les parties de plus en plus rapides de la distribution (qui n'est probablement pas maxwellienne); le courant décroît rapidement et s'annule lorsque le champ accélère suffisamment d'ions pour compenser le courant d'électrons.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) J. DEBIESSE et S. KLEIN, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 4151.

(2) E. BACCONNET, J. DEBIESSE et S. KLEIN, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2568.

OPTIQUE. — *Méthode globale d'étude des objectifs photographiques.* Note de Mme **Madeleine Marquet**, présentée par M. Jean Lecomte.

L'attribution d'un facteur de qualité aux objectifs photographiques présente des difficultés en raison du nombre des paramètres (ouverture, tirage, répartition spectrale, région du champ, direction du test), qui agissent sur la valeur des performances quelle que soit la manière de les exprimer (limite de résolution ou courbe de transfert de modulation). La méthode préconisée peut effectuer la sommation des paramètres champ et direction du test, elle permet, par conséquent, l'obtention d'une courbe moyenne de transfert de modulation des fréquences spatiales caractéristique d'un tirage et d'une ouverture, susceptible d'être utilisée pour prévoir les performances d'une chaîne de transmission, dont l'objectif est un des éléments.

On enregistre photographiquement un ensemble de points disposés au hasard, de façon à obtenir un cliché à fond opaque avec une courbe de réponse photographique de la forme

$$\sqrt{t} = kE, \qquad (1)$$

t, transparence de l'émulsion développée;
E, éclairement correspondant sur l'objet;
k, facteur dit de linéarité.

Les points photographiés sont noirs sur fond clair, lorsqu'on utilise une émulsion négative, clairs sur fond noir avec une émulsion inversible en noir ou en couleurs; la condition (1) s'obtient, dans le premier cas, avec des émulsions très fines et contrastées genre Maximum Resolution ou Gevært D 5650, dans le deuxième cas, avec un γ voisin de 2, la mesure des densités étant faite en lumière cohérente. Le cliché obtenu est placé dans la pupille O d'un objectif formant l'image d'une source ponctuelle monochromatique dans un plan F; dans ce plan, la répartition des amplitudes lumineuses correspond à la transformée de Fourier des amplitudes dans la pupille, c'est-à-dire à la distribution des amplitudes $\sqrt{t}$ du cliché étudié qui, d'après la condition (1), correspond à $k\Sigma$ (D). (D) est la distribution des éclairements dans l'image d'un point pour une région du champ déterminée, la sommation est faite pour l'aire utilisée sur le cliché.

La distribution des intensités lumineuses, selon un diamètre du plan F, donne $[T(D)]^2$ pour la direction des fréquences spatiales qui lui est perpendiculaire. A l'aide d'un photomultiplicateur explorant le plan F, il est donc possible de déterminer la courbe de transfert de modulation, qui s'identifie avec la transformée de Fourier T (D) (loi de filtrage); le rapport de l'éclairement, en un point situé à une distance ω du centre F, avec

l'éclairement en F, donne le carré du facteur de modulation pour la fréquence ν :

$$\nu = \frac{\omega}{\lambda d} \qquad \text{en posant} \quad d = \text{OF}.$$

Selon les conditions de mesure (exploration d'un ou plusieurs diamètres, tout ou partie du cliché), on peut isoler les paramètres champ et direction ou faire une moyenne pondérée; lorsque la densité de répartition des points est homogène, le poids attribué à chaque angle de champ est proportionnel à la longueur de l'arc inscrit dans le format utilisé.

En explorant un cercle de rayon ω, on peut vérifier si, pour la fréquence correspondante, la valeur de la modulation satisfait à une condition limite fixée préalablement.

La méthode indiquée permet ainsi la comparaison numérique des objectifs, chacun d'eux pouvant être caractérisé, pour une ouverture et un tirage donnés, par une courbe de modulation moyenne; de plus, l'examen direct du cliché enregistré fournit des renseignements sur la nature et les corrections des aberrations; il s'agit donc, à la fois, d'une méthode d'étude et d'une méthode de contrôle des objectifs photographiques.

(*Institut d'Optique théorique et appliquée, Paris.*)

FLUORESCENCE. — *Excitation d'une fluorescence retardée par des photons d'énergie inférieure à celle des photons émis. Interprétation.* Note (*) de M. **Bernard Muel**, présentée par M. Jean Lecomte.

La fluorescence retardée du 3.4-benzopyrène, en solution congelée, peut être excitée, en présence d'un colorant, par des photons d'énergie moindre que celle des photons émis. Deux molécules de 3.4-benzopyrène, excitées dans leur état premier triplet par transfert d'énergie, interagiraient pour porter l'une des deux molécules dans l'état premier singulet.

1. *Excitation « anti-Stokes » de la fluorescence retardée.* — Du 3.4-benzopyrène (3.4-BP) est dissous à 1300 γ/cm^3 dans l'éthanol à 95 %. On dissout à saturation de l'éosine dans cette solution. On congèle ce mélange à — 140°C. *L'échantillon, excité par un rayonnement de longueurs d'ondes supérieures à* 5 000 Å, *émet un rayonnement de luminescence différée (observé au phosphoroscope mécanique) entre* 4 000 *et* 4 600 Å. Les longueurs d'ondes des maximums du spectre sont celles des pics de fluorescence vraie (*fig.* 1). Cette « fluorescence retardée » n'obéit donc pas à la loi de Stokes.

Des expériences analogues ont été faites avec d'autres substances colorées et un domaine spectral d'excitation différent. L'ensemble des résultats obtenus est indiqué sur la figure 2. Les hauteurs des niveaux premier singulet (1S) et premier triplet (1T) des substances utilisées, y sont représentées.

2. *Interprétation.* — L'énergie d'excitation, absorbée seulement par les molécules de substance colorée, est transférée de celles-ci aux molécules de 3.4-BP [1]. Or, les états 1S des colorants qui donnent lieu au phénomène, sont plus bas que celui du 3.4-BP. D'autre part, la fluorescence retardée du 3.4-BP n'apparaît que lorsque le niveau 1T du colorant est nettement supérieur à celui du 3.4-BP. Il est donc probable que la fluorescence retardée résulte de ce que du 3.4-BP a été porté dans son état 1T par transfert de l'énergie d'excitation des molécules de colorants dans leur état 1T [2]. Pour en rendre compte on peut proposer le mécanisme suivant :



$$(\gamma) \qquad 2A^{III} \rightarrow A^{I} + A,$$

A, A^{I} et A^{III} représentant respectivement une molécule de 3.4-BP dans son état fondamental (S_0), dans son état 1S et dans son état 1T. La molécule A^{I} formée peut alors émettre un photon de fluorescence.

Des calculs théoriques de Colpa [3] montrent qu'un mécanisme de ce type doit être possible pour des molécules rapprochées. La formation d'un complexe intermédiaire (AA^{I}) serait nécessaire.

3. *Autres faits en faveur de l'interprétation* (γ) *: fluorescence retardée d'hydrocarbures excités dans leur bande d'absorption.* — Parker [4] a proposé

l'interprétation (γ) pour expliquer des fluorescences retardées observées en solution à la température ordinaire, par excitation directe.

Nous avons également obtenu, dans le cas de la fluorescence retardée du 3.4-BP excitée directement, des résultats qui concordent avec l'hypothèse (γ) :

a. le rendement de luminescence varie proportionnellement à la concentration;

b. le flux de fluorescence retardée est à peu près proportionnel au carré de l'éclairement d'excitation:

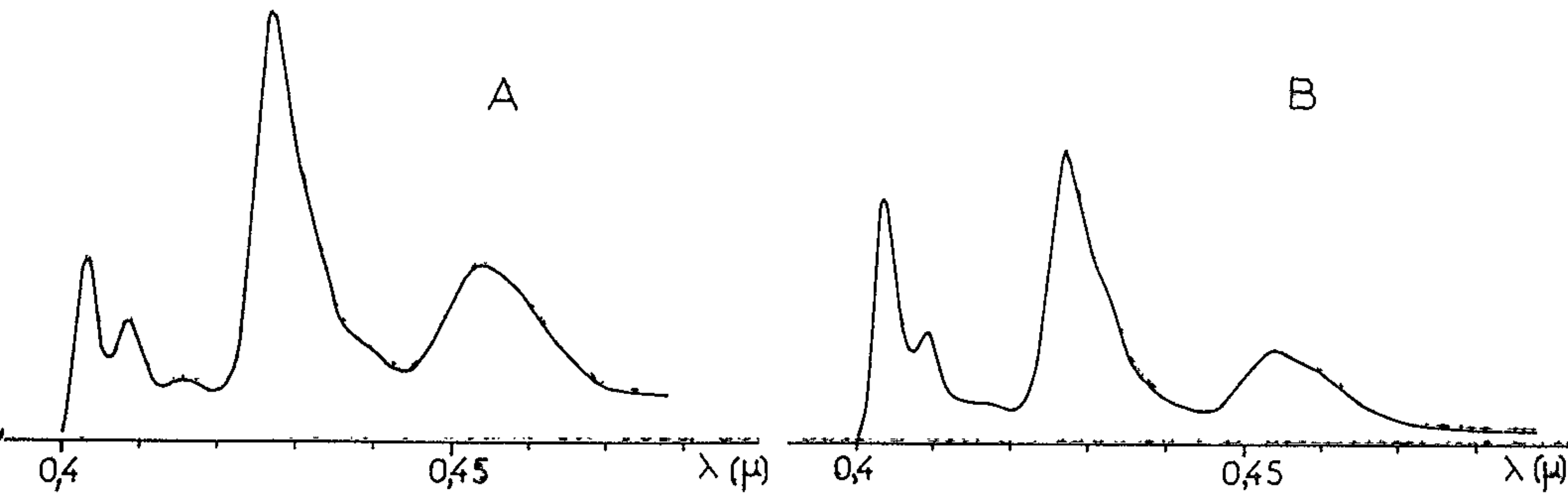


Fig. 1. — Comparaison du spectre de fluorescence du 3.4-benzopyrène (A), et du spectre de fluorescence retardée (B) obtenu par excitation « anti-Stokes ».

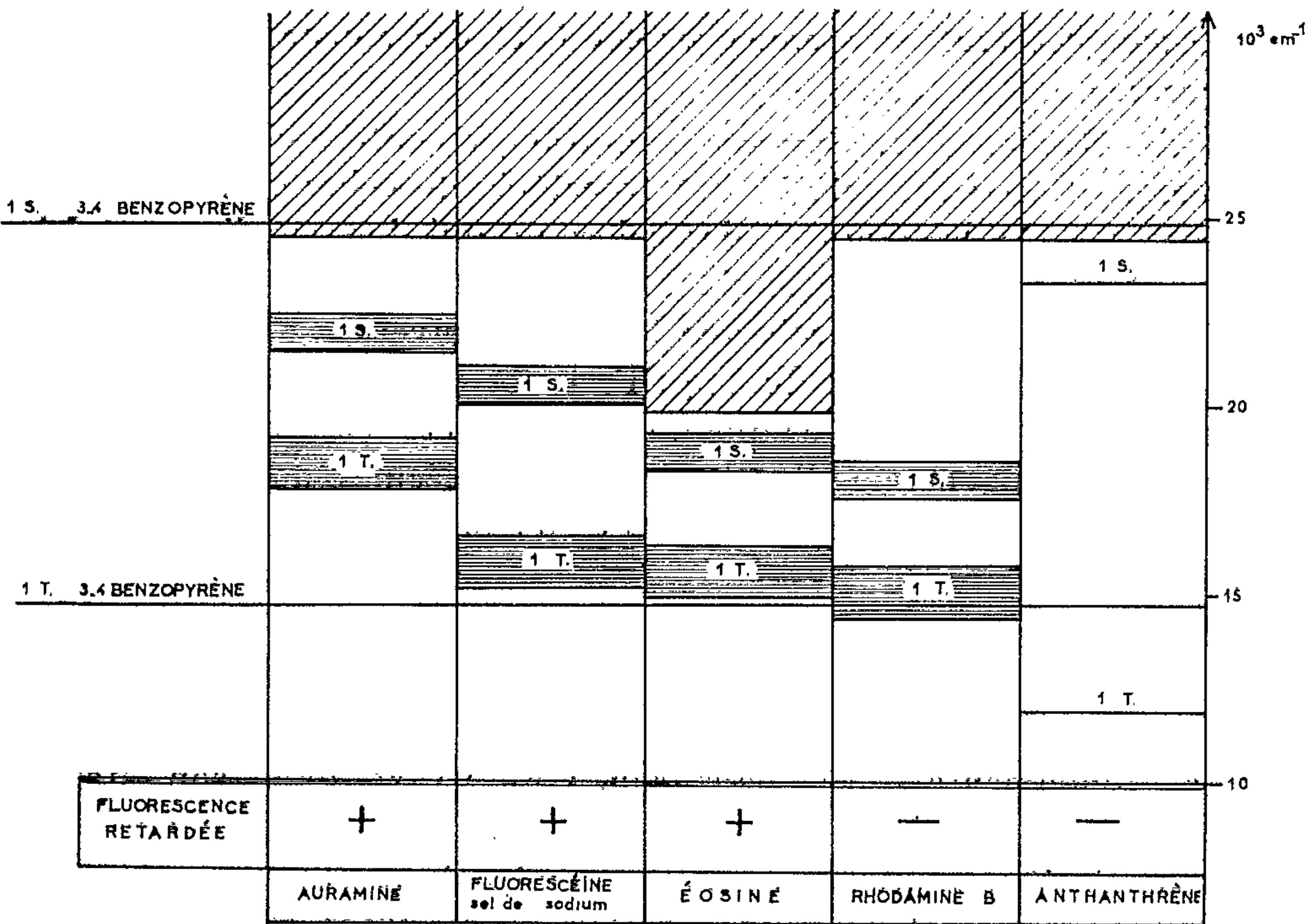


Fig. 2. — Excitation « anti-Stokes » de la fluorescence retardée du 3.4-benzopyrène. (+) indique que la fluorescence retardée se manifeste, (—) qu'elle n'est pas décelable. Les zones hachurées obliquement représentent les domaines d'absorption des filtres utilisés.

c. la décroissance de l'intensité de fluorescence retardée semble exponentielle en fonction du temps après l'interruption du rayonnement d'excitation. La constante de temps de cette décroissance (inverse du coefficient du temps de l'exponentielle) est égale à environ la moitié de celle de la décroissance de la luminescence $1T \to S_0$. Ceci est en accord avec (γ), sous certaines conditions.

d. l'intensité de fluorescence retardée, assez faible à — 190°C, devient beaucoup plus grande à des températures supérieures, et est maximale vers — 140°C. Donc l'énergie thermique intervient dans le phénomène, probablement pour former ou détruire des liaisons entre les molécules en interaction.

Pour expliquer que le nombre de photons émis en fluorescence retardée puisse atteindre à — 140°C 50 fois celui émis en luminescence $1T \to S_0$, il faudrait supposer qu'à la congélation, une grande proportion de molécules de 3.4-BP se placent deux à deux dans les mêmes mailles du réseau formé par les molécules du solvant, et qu'après l'absorption du premier photon, un état intermédiaire de durée de vie plus longue que celle de l'état 1T puisse se former. Une autre possibilité est que les couples de molécules susceptibles d'interagir collectent l'énergie d'excitation des molécules isolées, par transferts successifs de molécule à molécule de 3.4-BP.

Conclusions. — On a pu exciter une luminescence par des photons d'énergie inférieure à celle des photons de cette luminescence. Si le mécanisme proposé est réel, il est possible d'obtenir, à partir de quantums d'énergie petite, des quantums d'énergie plus grande, sans que la différence soit nécessairement fournie à l'avance ni empruntée au milieu. Il pourrait en résulter certaines applications pratiques, relatives, par exemple à l'utilisation de l'énergie solaire.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) T. FÖRSTER, *Discuss. Farad. Soc.*, n° 27, 1959, p. 7.
(2) V. ERMOLAEV et A. TERENIN, *J. Chim. Phys.*, 55, 1958, p. 698.
(3) J. P. COLPA, *Symposium européen de Spectroscopie moléculaire*, Amsterdam, 1961.
(4) C. A. PARKER et C. G. HATCHARD, *Proc. Chem. Soc.*, 147, avril 1962 et *Proc. Roy. Soc.*, A, 269, 1962, p. 574.

(*Laboratoire Pasteur de l'Institut du Radium.*)

SEMI-CONDUCTEURS. — *Absorption négative dans un échantillon de* In As. Note (*) de Mme **Catherine Tric**, MM. **Claude Benoît a la Guillaume** et **Jean-Marie Debever**, présentée par M. Jean Wyart.

L'étude de la lumière de recombinaison d'un échantillon d'Arséniure d'indium (InAs) contenant suffisamment d'impuretés de type $n (5.10^{16}\ \text{cm}^{-3})$ pour que les électrons libres y forment une distribution dégénérée à basse température, a révélé qu'à 20°K une fraction importante de la lumière de recombinaison observée correspond à la recombinaison d'électrons libres situés au voisinage du bas de la bande de conduction avec des trous piégés sur des centres d'impuretés acceptrices. La densité de ces centres accepteurs est inconnue mais semble de l'ordre de grandeur de quelques $10^{15}\ \text{cm}^{-3}$.

A la température de 20°K la lumière de recombinaison observée possède ainsi une pointe pour une énergie de 398 mV alors que la limite d'absorption de cet échantillon correspondant à la création d'un trou dans la bande de valence et d'un électron au voisinage du niveau de Fermi est de l'ordre de 420 mV (*fig.* 1).

Il est à remarquer que la recombinaison observée correspond à une transition entre deux niveaux d'énergie dont la population est susceptible de s'inverser. Le niveau supérieur situé en dessous du niveau de Fermi dans la bande de conduction est peuplé à 100 % aux basses températures alors que le niveau inférieur correspondant aux centres d'impuretés accepteurs est au moins partiellement vide. La cinétique de la lumière de recombinaison en fonction de l'intensité de la lumière excitatrice a d'ailleurs montré qu'aux intensités maximales réalisées ce niveau inférieur était presque complètement vidé. On sait que dans ces conditions une onde lumineuse de longueur d'onde correspondant à la lumière de recombinaison et se propageant dans le cristal verra son amplitude croître avec la distance, l'émission stimulée des photons l'emportant largement sur l'absorption.

L'expérience décrite ici était destinée à mettre en évidence une telle absorption négative. Le montage expérimental est représenté sur la figure 2. L'échantillon est placé dans un cryostat et maintenu à la température de l'hydrogène liquide. Il est illuminé d'une part par une lumière excitatrice ne contenant pas d'infrarouge lointain (cuve à eau) et modulée à la fréquence de 175 p/s, et d'autre part par une radiation monochromatique modulée à la fréquence de 250 p/s. La lumière transmise est détectée par une cellule photovoltaïque à l'antimoniure d'indium protégée des rayonnements de courtes longueurs d'onde par un filtre en germanium. Le signal fourni par cette photocellule est envoyé dans un amplificateur accordé sur 75 p/s et soumis à une démodulation synchrone. Dans ces

conditions lorsqu'on fait varier la longueur d'onde de la lumière monochromatique on observe un enregistrement correspondant à la figure 3.

Nous avons vérifié que la phase du signal à 75 p/s était telle que la transmission du spécimen est augmentée lorsqu'il est illuminé par la

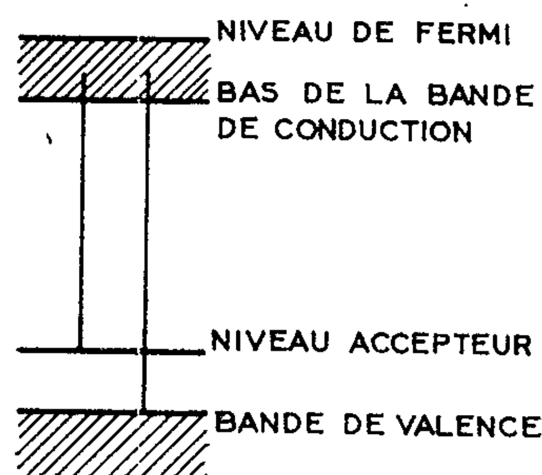


Fig. 1.

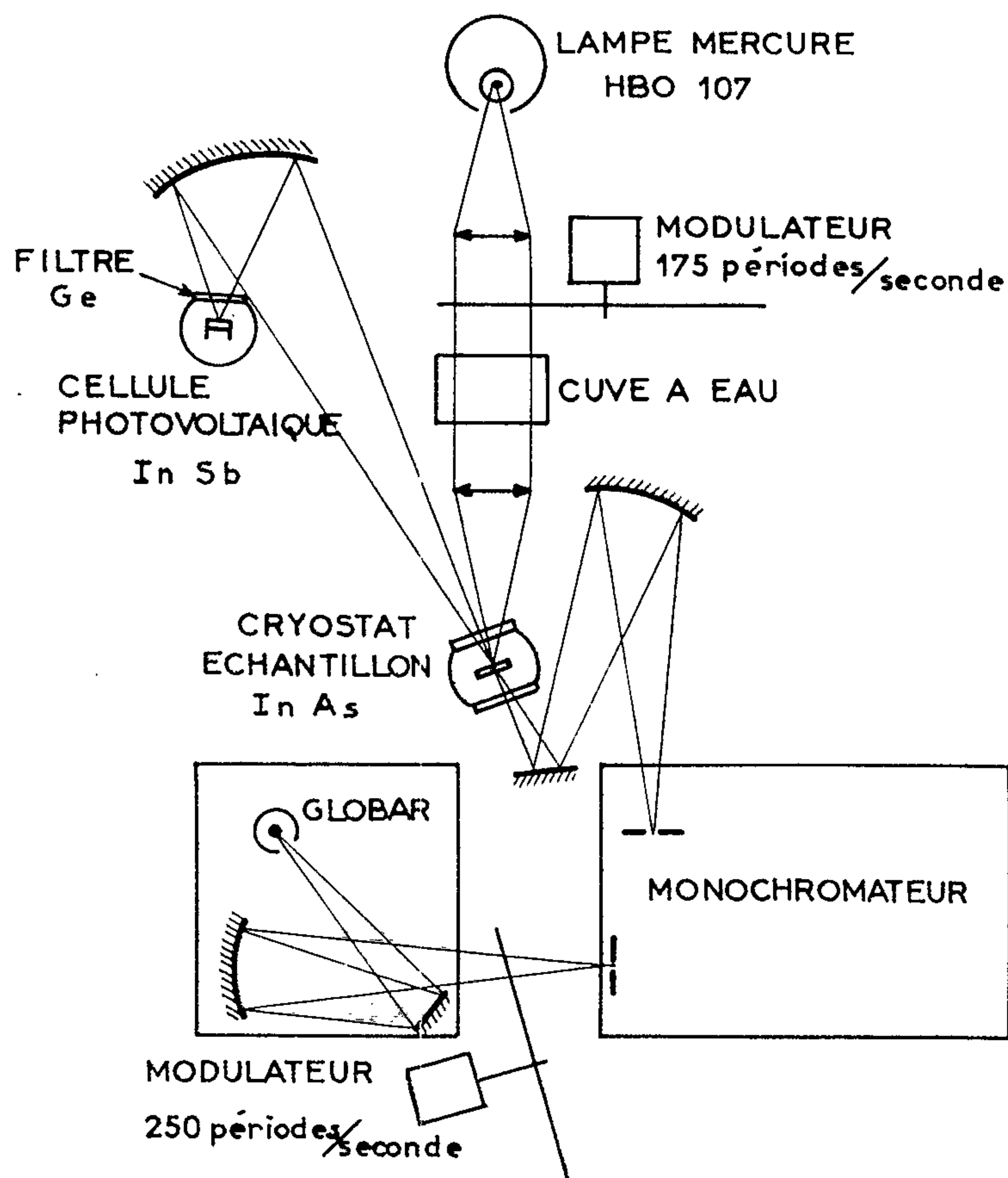


Fig. 2.

lumière excitatrice. Il y a donc (sous réserve que les effets perturbateurs mentionnés plus loin ne créent pas de faux signaux), une réduction de l'absorption par création de paires électrons-trous. L'ordre de grandeur de l'augmentation de transmission est voisin de 5.10^{-3}; si l'on admet

que les trous créés par la lumière excitatrice à la surface du spécimen ne peuvent guère pénétrer de plus de 50 μ à l'intérieur du spécimen, cela implique une réduction du coefficient d'absorption d'au moins 1 cm^{-1}.

Les erreurs systématiques dans une telle expérience peuvent provenir de certains défauts tels que la non-linéarité de réponse de la cellule qui est illuminée à la fois par une lumière de fluorescence modulée à 175 p/s et par la lumière transmise modulée à 250 p/s. On se convainc facilement que le signe de cette non linéarité est tel qu'il fournirait un signal de phase opposée à celui observé et de répartition spectrale très différente de celle observée.

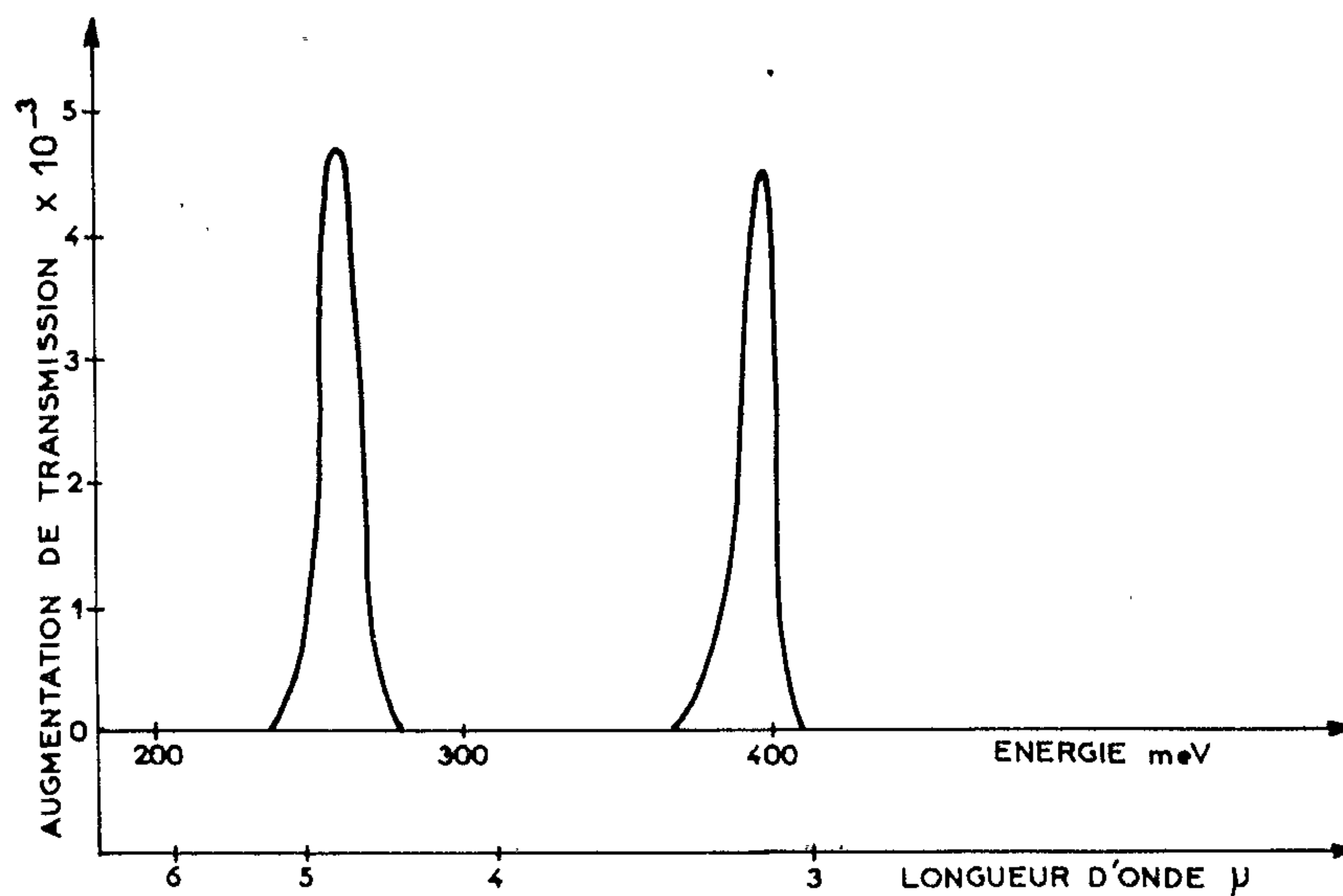


Fig. 3.

On peut donc considérer que l'expérience indiquée prouve qu'il y a réduction du coefficient d'absorption par excitation des paires électrons-trous. Comme d'autres données indiquent que dans cette gamme de longueurs d'onde le coefficient d'absorption est faible on peut conclure que le coefficient d'absorption même aux faibles excitations réalisables par illumination en lumière visible, devient négatif, par conséquent un tel échantillon serait susceptible de constituer le matériau actif « Laser » fonctionnant au voisinage de 3,1 μ. Il est évident qu'un fonctionnement beaucoup plus efficace pourrait être obtenu en utilisant une injection de porteurs minoritaires à partir d'une jonction *p-n* mais cette technique ne se prêtait pas à l'expérience de transmission décrite ici.

Signalons en terminant que la pointe à 240 meV (5 μ) qui ne correspond pas à une recombinaison observée jusqu'ici, est d'une origine incertaine.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure,
24, rue Lhomond, Paris, 5e.)

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Détermination des énergies des groupes intenses α émis par les noyaux des plutoniums* 238, 239, 240 *et des noyaux d'américium*, 241. Note (*) de M. **Chin-Fan Leang**, présentée par M. Francis Perrin.

Les énergies, de précision 1/7 000, des raies α intenses de ^{238}Pu, ^{239}Pu, ^{240}Pu et ^{241}Am sont déterminées par spectrographie magnétique par rapport à ^{212}Bi.

La spectrographie α s'effectue généralement en étalonnant une échelle d'énergie au moyen de certaines lignes prises comme étalons; les conditions expérimentales d'une détermination en valeur absolue sont en effet telles (angle solide faible, source nue, fond élevé, etc.) qu'elles ne permettent pas une étude simultanée de structure fine. Le besoin en étalons d'énergie a ainsi motivé un grand nombre de déterminations en valeur absolue centrées essentiellement sur les éléments naturels (^{210}Po ,^{212}Bi, ^{223}Ra, ^{215}Po, ^{214}Po, etc.) (1) faciles à obtenir à l'état pur. A partir de ces étalons, il est possible d'établir des étalons secondaires sans introduire beaucoup d'erreurs supplémentaires si certaines précautions ont été prises. Dans le présent travail, on inclut quelques transuraniens courants dans la gamme des étalons secondaires.

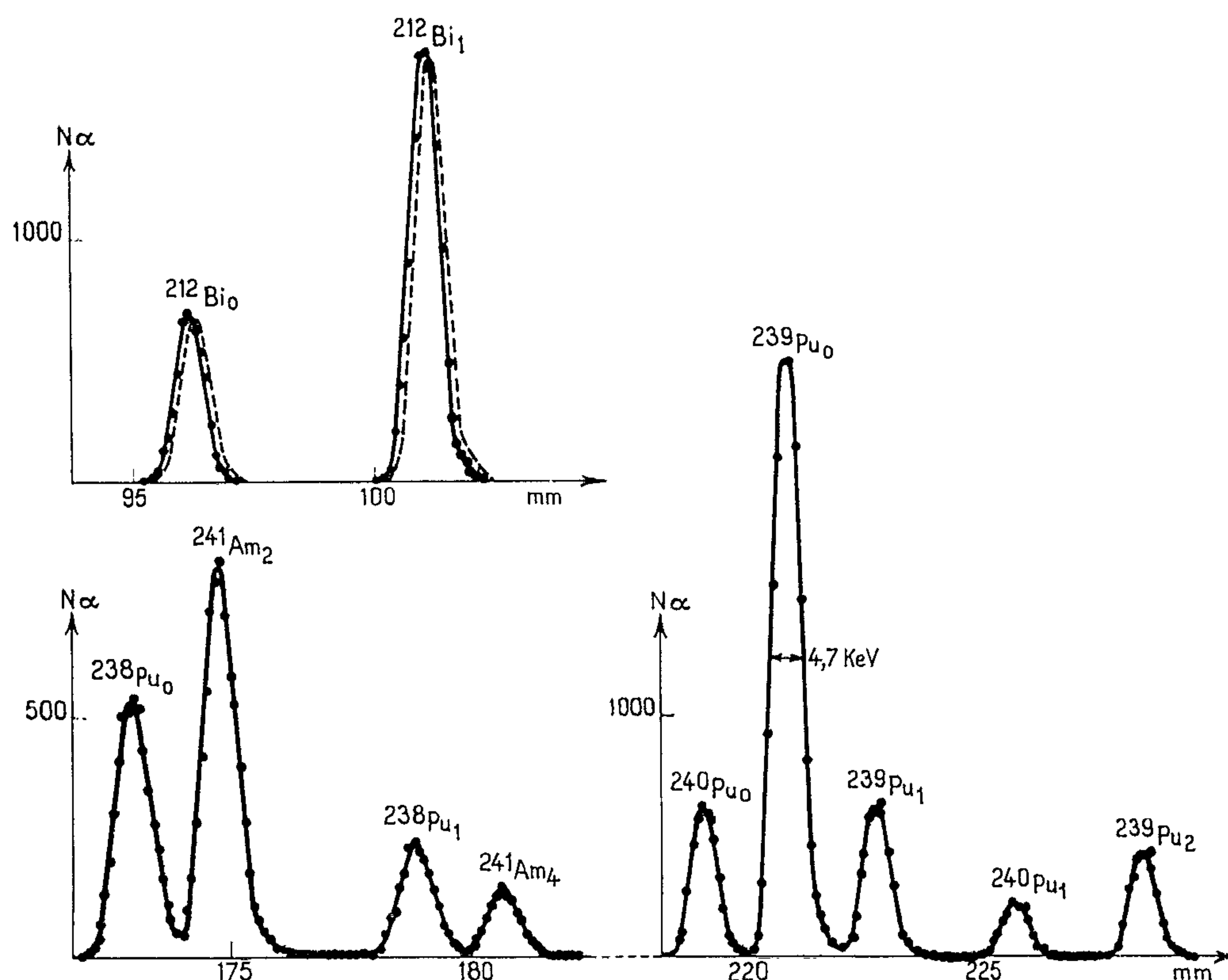
La matière première était un mélange de ^{239}Pu (prépondérant), ^{238}Pu, ^{240}Pu, ^{241}Pu (trop faible pour être mesuré avec précision) et ^{241}Am. Le corps de référence choisi était ^{212}Bi (ThC) dont la courte période permettait le mode opératoire suivant, destinée à corriger les valeurs des énergies de l'autoabsorption inévitable pour les éléments à vie longue, pour lesquels les sources ont généralement une masse non négligeable. Le support de source reçoit d'abord une couche d'épaisseur négligeable de ^{212}Bi (ThC) à l'état pur, et ensuite par volatilisation dans le vide, le dépôt de fluorure de plutonium proprement dit. Un premier spectre est enregistré avec cette source composite. Après décroissance complète de ^{212}Bi, on volatilise à nouveau du ^{212}Bi, sur le même plutonium et l'on enregistre un deuxième spectre. La différence de position des raies de ^{212}Bi sur les deux plaques donne l'épaisseur de la couche de fluorure de plutonium et permet de corriger les énergies brutes obtenues. Dans l'expérience décrite, cette correction était de 0,3 keV. Des poses longues permettent ensuite d'obtenir une statistique satisfaisante pour les raies plus faibles (^{238}Pu et ^{241}Am). Le champ magnétique, contrôlé par résonance nucléaire est resté stable à 10^{-5} près pour la durée des poses.

La figure montre l'ensemble des spectres observés et le déplacement des raies de ThC dû à la perte d'énergie dans la source de plutonium. Les

hauteurs des raies sont ramenées à la même valeur pour faciliter la comparaison.

Le tableau donne les résultats obtenus, exprimés en kiloélectrons-volts et la comparaison avec les déterminations antérieures d'Araso et coll. [2], Baranov et coll. [3]. En ce qui concerne nos valeurs, les énergies de base adoptées sont celles de Rytz pour le doublet de ^{212}Bi : 6 089,8 et 6 050,6 keV [1].

Les étalons d'énergie utilisés par les autres auteurs varient d'un cas à l'autre, et ne sont pas toujours des étalons connus actuellement en valeur



absolue. Dans le tableau ci-contre, ces étalons sont rappelés en note. De façon générale, les étalons anciens sont inférieurs en énergie aux étalons actuels d'une quantité de l'ordre de 4 keV (^{212}Bi) à 6,8 keV (^{210}Po). Recalculées sur ces bases, les valeurs d'Asaro donnent l'accord le plus satisfaisant avec les nôtres.

Les erreurs indiquées dans le présent travail tiennent compte des divers facteurs possibles, tels que : imprécision du repère fixant l'abscisse, imprécision de la formule de dispersion utilisée [4], etc. Une erreur un peu plus

grande a été admise pour ^{241}Am, car le fluorure d'américium est légèrement plus volatil que celui de plutonium.

Groupe.		Présent travail.	Asaro et al. (²).	Baranov et al. (³) (⁴).
^{238}Pu	α_0..............	5498,8 ± 0,8	5495 ([a])	–
	α_1...............	5455,9 ± 0,8	5453 »	–
^{239}Pu	α_0...............	5155,7 ± 0,6	5150 ± 2 ([b])	5157 ± 1
	α_1...............	5143,0 ± 0,7	5137 ± 2 »	5145 ± 1
	α_2...............	5105,0 ± 0,7	5100 ± 2 »	5107 ± 1
^{240}Pu	α_0...............	5167,7 ± 0,7	5162 ± 4 ([c])	5169,5 ± 1
	α_1...............	5123,3 ± 0,7	5118 ± 4 »	5125,9 ± 1
^{241}Am	α_2...............	5486,0 ± 0,9	5476 ± 2 ([d])	5484 ± 1
	α_1...............	5443,2 ± 0,9	5433 ± 2 »	5442 ± 1
^{240}Pu α_0–^{239}Pu α_0..........		12,0 ± 0,2 (*)	–	12,1 ± 0,15

([a]) ^{239}Pu 5 150 keV et ^{242}Cm 6 110 keV.
([b]) ^{210}Po 5 298 keV.
([c]) ^{239}Pu 5 150 keV.
([d]) ^{210}Po 5 298 keV et ^{222}Rn 5 486 keV.
([e]) ^{238}Pu 5 495 keV.
(*) L'erreur indiquée correspond à la précision de la détermination des abcisses des raies, les autres causes d'erreur (dispersion, correction d'épaisseur de source) s'éliminent par différence.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(¹) A. RYTZ, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3156; F. A. WHITE, F. M. ROURKE, J. C. SHEFFIELD, R. P. SCHUMAN et J. R. HUIZENGA, *Phys. Rev.*, 109, 1958, p. 437; C. P. BROWNE, *Phys. Rev.*, 126, 1962, p. 1139.
(²) F. ASARO et I. PERLMAN, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 277; 88, 1952, p. 828; et 94, 1954, p. 381.
(³) S. A. BARANOV, V. U. KOULAKOV et S. N. BELENKI, *J. E. T. P.*, 43, nº 4 (10), 1962 et nº 3 (9), 1962 (sous presse).
(⁴) C. F. LEANG, *Thèse 3e cycle*, Paris, 1962, p. 42.

(*Centre de Spectrométrie nucléaire et de Spectrométrie de masse, 15, rue Georges-Clémenceau, Orsay, Seine-et-Oise.*)

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Étude de l'électrodésintégration du béryllium* 9. Note de MM. **Hoan Nguyen Ngoc** et **Jean Perez y Jorba**, présentée par M. Francis Perrin.

Une méthode de détermination des sections efficaces d'électrodésintégration pour toutes énergies d'excitation, tous transferts de quantité de mouvement et tous angles de diffusion compris entre certaines limites expérimentales a été mise au point en première approximation de Born, et appliquée au cas du ⁹Be. On en a déduit les facteurs de forme associés à des énergies d'excitation comprises entre 17 et 49 MeV. On en a tiré la multipolarité, le caractère électrique ou magnétique des transitions associées et finalement les largeurs radiatives associées à ces transitions.

Les spectres des électrons diffusés par un noyau peuvent être considérés comme dus à la somme des sections efficaces nucléaires et des « queues radiatives » associées. On peut écrire [(1), (2)]

$$(1)\quad \left(\frac{d^2\sigma}{d\Omega\, dE}\right)_{\text{expér}}(E_0, E, \theta) = \left(\frac{d^2\sigma}{d\Omega\, dE}\right)_{\text{nucl}}(E_0, E, \theta) + \int_0^{E_0-E}\left[g(E_0-\varepsilon, E)\left(\frac{d^2\sigma}{d\Omega\, dE}\right)_{\text{nucl}}(E_0, E_0-\varepsilon) + g(E_0, E+\varepsilon)\left(\frac{d^2\sigma}{d\Omega\, dE}\right)_{\text{nucl}}(E+\varepsilon, E)\right] d\varepsilon,$$

où E_0, E désignent les énergies incidentes et diffusées, θ l'angle de diffusion et ε l'énergie d'excitation, et

$$g(E_1, E_2) = \frac{\alpha}{\pi}\,\frac{1}{E_1-E_2}\left(\log\frac{2E_1}{mc^2}\sin\frac{\theta}{2} - \frac{1}{2}\right)\left(1+\frac{E_2^2}{E_1^2}\right) + \frac{t}{2}\left\{\Phi_{\text{coll}}(E_1, E_2) + \Phi_{\text{rad}}(E_1, E_2)\right\},$$

le premier terme correspond aux sections efficaces de rayonnement de freinage sur le noyau diffuseur (3), le deuxième terme aux sections efficaces de collision électron-électron et de rayonnement de freinage (4) sur un autre noyau que le noyau diffuseur; t désigne l'épaisseur de cible effective.

Divers auteurs [(5), (6)] ont montré qu'en approximation de Born avec échange d'un seul photon virtuel, la section efficace de diffusion nucléaire s'écrit avec des notations usuelles :

$$(2)\quad \frac{d^2\sigma}{d\Omega\, dE}(E_0, \theta, \varepsilon, q) = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{\text{Mott}}(E_0, \theta)\left[A(q^2, \varepsilon) + B(q^2, \varepsilon)\,\text{tg}^2\frac{\theta}{2}\right],$$

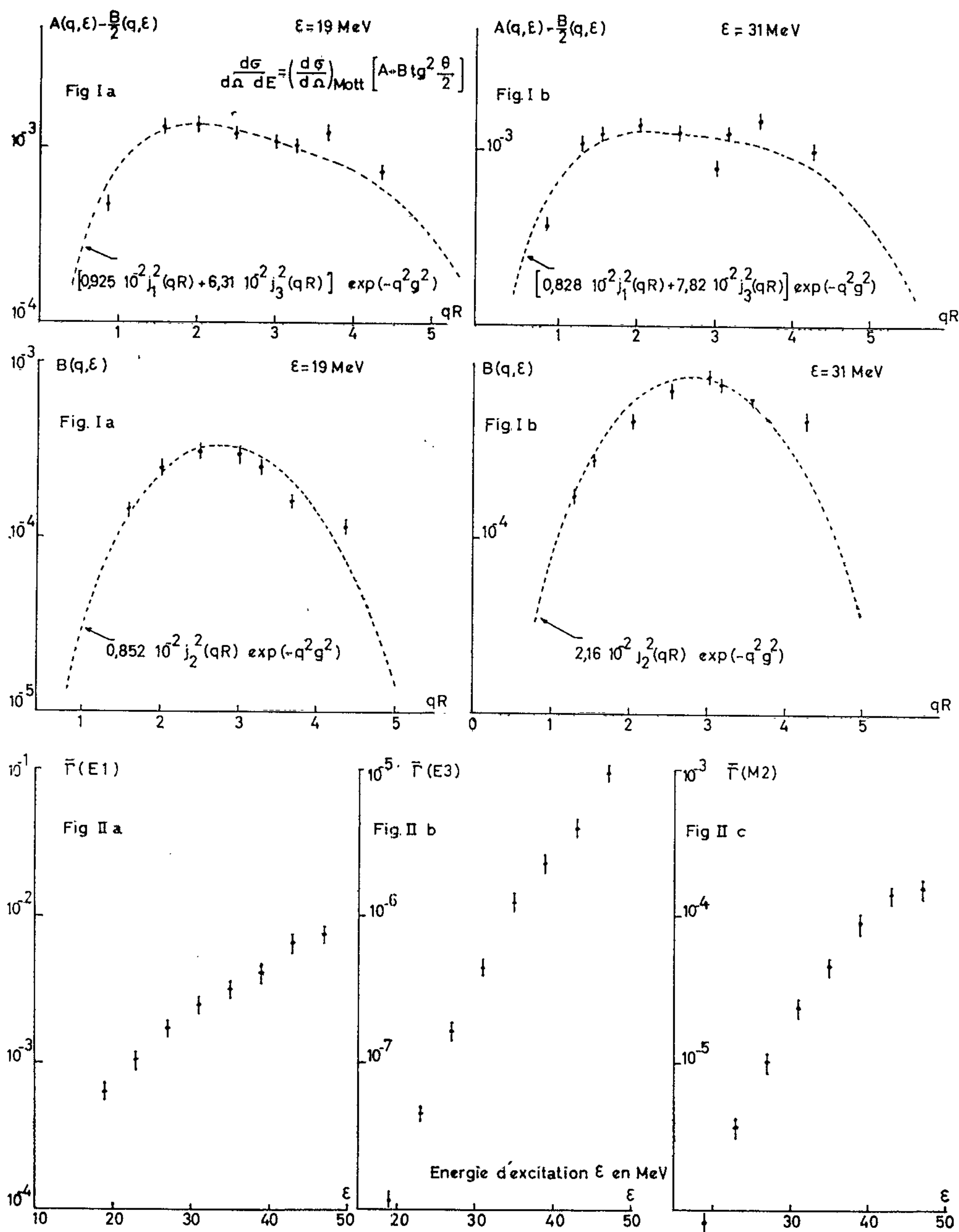
avec

$$|F_E|^2 = A - \frac{B}{2} \qquad \text{et} \qquad |F_M|^2 = B;$$

F_E étant associé à l'excitation par l'intermédiaire du champ coulombien et F_M aux excitations magnétiques et électriques transverses dues aux spins et courants nucléaires (7).

Nous avons obtenu les invariants A et B en mesurant deux séries de spectres d'énergie à deux angles de diffusion distincts l'un à l'avant (60°)

et l'autre à l'arrière (135°) et en plus quelques spectres de raccordement à des angles intermédiaires, les plages de transferts de quantité de mouvement balayées respectivement à 60 et 135° ne se recouvrant pas totalement.



Après soustraction radiative, on obtient les facteurs de forme par l'équation (2) (*fig.* 1). On a montré que dans la région de transitions étudiée, l'excitation est due aux multipôles E_1, E_3 et M_2 à l'exclusion, dans la limite de la précision de l'expérience, de tout E_2, M_1 et M_3 et ceci pour toute énergie d'excitation de 17 à 49 MeV.

En prenant la limite $|\vec{q}| \to 0$ d'une expression proportionnelle aux facteurs de forme, on peut obtenir [(7), (8), (9), (10)] la section efficace de réaction photonucléaire et la largeur radiative correspondante pour chaque multipôle électrique ou magnétique dans le cas d'un niveau discret. On a généralisé cette méthode à l'étude du continuum. La section efficace de réaction photonucléaire peut se déduire de la section efficace de diffusion d'électrons par

$$\sigma_\gamma(l) = 8\pi^3 \frac{l+1}{l} K^{2l-1} \frac{Z^2}{4\pi} \left(\frac{\dfrac{1}{q^{2l}} \dfrac{d^2\sigma}{d\Omega\, dE}}{\dfrac{d\sigma}{d\Omega_{\text{Mott}}}} \right), \qquad |\vec{q}| \to 0,$$

l désigne le multipôle absorbé, K le nombre d'onde associée à la transition. On peut aussi, en définissant une largeur radiative moyenne pour le continuum, donner la variation de cette quantité en fonction de l'énergie d'excitation

$$\Gamma_l = \frac{\sigma_\gamma(l)}{\pi^2 \lambda\!\!\!^{-2}}.$$

Nous avons calculé $\Gamma_l(E)$ pour les différents multipôles trouvés (*fig.* 2) pour des transitions E_1, E_3 et M_2 du continuum du ^{9}Be de 17 à 49 MeV d'excitation.

(1) P. Bounin et G. R. Bishop, *J. Phys. Rad.*, 22, 1961, p. 555.

(2) J. Perez y Jorba, *J. Phys. Rad.*, 22, 1961, p. 733.

(3) L. I. Schiff, *Phys. Rev.*, 87, 1952, p. 750.

(4) B. Rossi, *High Energy Particles*, Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N. J.

(5) M. Gourdin, *Nuovo Cimento*, 21, 1961, p. 1094.

(6) G. E. Masek, T. P. Toutonghi et R. W. Williams, *Phys. Rev.*, 124, 1961, p. 555.

(7) K. Alder, A. Bohr, T. Huus, B. Mottelson et A. Winther, *Rev. Mod. Phys.*, 28, 1956, p. 432.

(8) L. I. Schiff, *Phys. Rev.*, 96, 1954, p. 765.

(9) R. R. Helm, H.E.P.L. 40, *Ph. D. Thesis*, Stanford University, 1956.

(10) R. Huby, *Reports on Progress in Physics*, 21, 1958, p. 59.

(*Laboratoire de l'Accélérateur linéaire, École Normale Supérieure, Orsay.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Viscosité des laitiers du système* Al_2O_3-CaO. Note (*) de MM. **Georges Urbain** et **Roger Rossin**, présentée par M. Gustave Ribaud.

On décrit un appareil destiné à mesurer les viscosités comprises entre 0,2 et 10^6 Poiseuilles (Pl) (1) et fonctionnant jusqu'à 2 200°C. On l'utilise pour des mesures sur des liquides Al_2O_3-CaO jusqu'à une fraction molaire de CaO de l'ordre de 0,8. L'énergie d'activation de l'écoulement visqueux présente un maximum (55 kcal/mole pour 0,6 CaO.

Pour mesurer la viscosité des laitiers fondant à température élevée, notre choix s'est porté sur la méthode de Margules (2). Elle consiste à mesurer le couple d'entraînement exercé sur un plongeur de forme cylindrique par le fluide contenu dans un creuset cylindrique tournant à vitesse constante. En appelant K une constante dépendant des dimensions du plongeur, N la vitesse du creuset et μ la viscosité du liquide étudié, le couple s'écrit :

$$\Gamma = K\mu N, \qquad \text{avec} \quad K = 4\pi \frac{r_1^2 r_2^2}{r_1^2 - r_2^2} l,$$

où l et r_2 sont respectivement la longueur et le rayon du plongeur, r_1 le rayon du creuset.

Ce couple Γ est mesuré par une méthode de zéro en lui opposant un couple d'origine ferrodynamique, fourni par l'action de noyaux en mumétal disposés à l'intérieur de bobines parcourues par un courant continu i (mA). On vérifie que le couple antagoniste est de la forme $\Gamma = ki^2$. A l'équilibre, ces deux valeurs de Γ sont égales et l'on obtient la viscosité μ au moyen de l'équation :

$$\mu = \frac{k}{K} \frac{i^2}{N}.$$

La constante k/K est déterminée dans l'appareil à 20°C au moyen d'huiles dont la viscosité est mesurée en valeur absolue avec un viscosimètre Hœppler.

La valeur de cette constante est applicable à une température de travail quelconque moyennant une correction portant sur la dilatation de l'ensemble creuset-plongeur. Le dispositif expérimental est le suivant : on utilise un four dont l'élément chauffant est une tôle de molybdène assurant, jusqu'à la température maximale de travail soit 2 200°C, une température uniforme à ± 1° près, sur 8 cm au niveau du creuset. Un régulateur permet de stabiliser la puissance fournie au four; il en résulte un équilibre thermique (à ± 2°C) tant que les conditions de refroidissement (température ambiante, débit et température de l'eau de refroidissement) restent stables. Le gaz qui circule sous la pression atmosphérique est de l'hydrogène ou de l'argon purifié. Le creuset, son support tournant et le plongeur sont en molybdène.

La rotation du creuset se fait à la vitesse N, comprise entre 0,1 et 50 t/mn; elle est mesurée par un compteur électromagnétique d'impulsions commandé par une roue dentée solidaire de l'axe tournant.

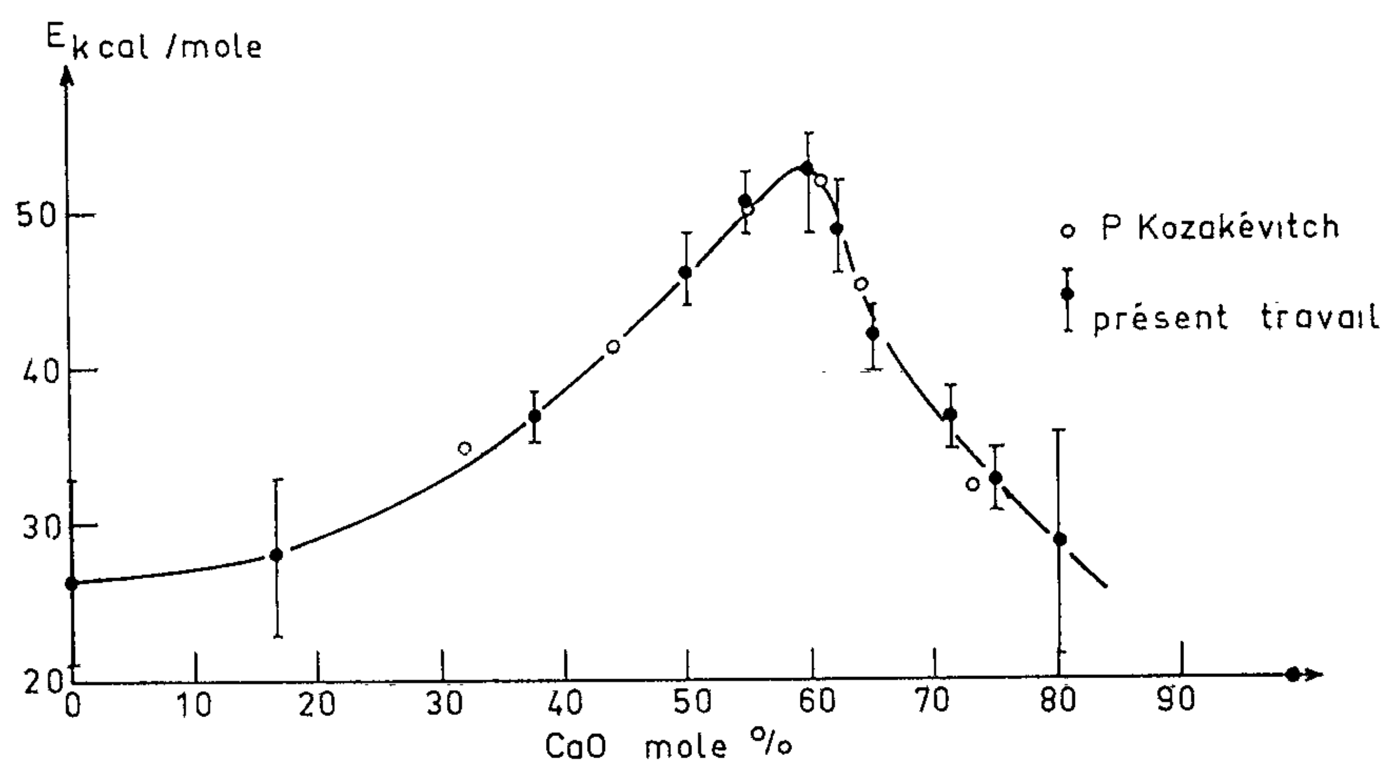


Fig. 1.

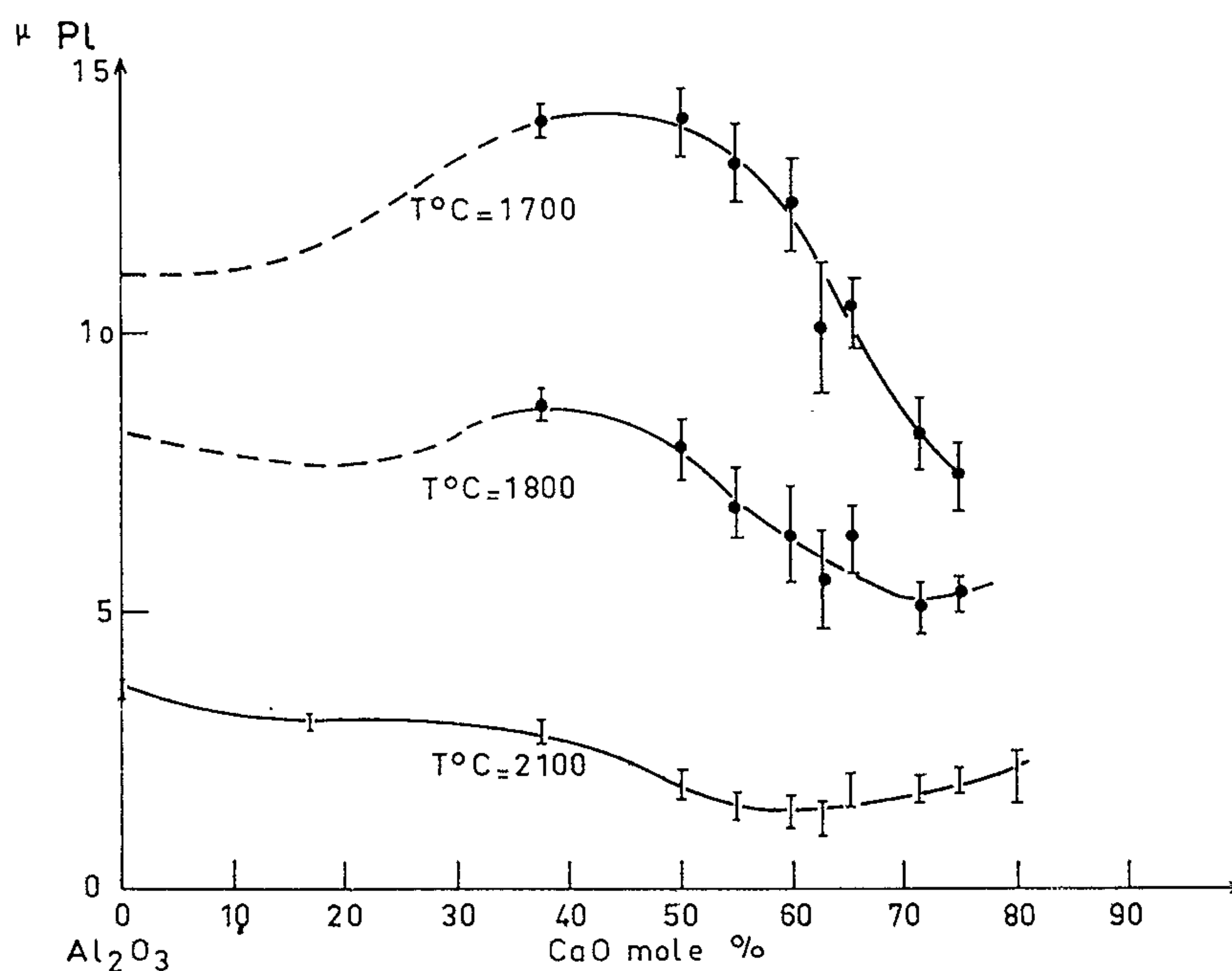


Fig. 2.

Un asservissement permet le réglage automatique du courant i dans les bobines. La mesure de ce courant se fait sur un enregistreur potentiométrique. Pour accroître l'intervalle des mesures de viscosités, deux types de plongeur sont utilisés; voici leurs caractéristiques :

— pour les viscosités de 0,2 à 3 000 Pl : diamètre $\varnothing = 1,2$ cm; hauteur $h = 2$ cm soit environ $K = 10$;

— pour les viscosités de 3 000 à 10^6 Pl : diamètre $O = 0,5$ cm; hauteur $h = 1$ cm soit environ $K = 0,8$.

Un canal cylindrique traversant le plongeur permet de viser le liquide et de mesurer sa température avec un pyromètre optique à disparition de filament contrôlé périodiquement. Les conditions de visée très voisines de celles du corps noir fournissent avec une bonne précision la température vraie du liquide. On procède à une mesure globale des facteurs de transmission (prisme, glace) et d'émission de la source par des points fixes réalisés par la fusion de fils de palladium (1 552°C ± 1) et de platine (1 769°C ± 1) purs, réalisés dans le montage lui-même.

La préparation synthétique du laitier se fait à partir de poudres mélangées et comprimées suivant des techniques analogues à celles du frittage.

Le balayage préalable des traces de vapeur d'eau par un courant d'hydrogène, réduit à 0,02 % l'oxyde de molybdène dissous dans le laitier. Suivant le mode de représentation habituel d'après E. N. da C. Andrade [3] on écrit $\mu = A \exp (E/RT)$ où A représente une constante, E l'énergie d'activation pour une composition donnée, R la constante des gaz parfaits et T la température absolue. Les figures 1 et 2 rassemblent nos mesures sur le système Al_2O_3-CaO. Pour chacune des 11 compositions étudiées, on porte $\log \mu$ en fonction de $1/T$ et l'on calcule l'énergie d'activation E par une régression linéaire avec un intervalle de confiance correspondant à deux écart-types ($P = 0,95$). La figure 1 montre l'énergie d'activation E exprimée en kilocalories par mole dans le système Al_2O_3-CaO, elle présente un maximum à 60 % molaire de chaux. On remarque l'accord excellent de ces mesures avec les déterminations précédentes de P. Kozakevitch [4]. La figure 2 donne les isothermes de viscosités pour 1 700, 1 800 et 2 100°. Les mesures ne peuvent être significatives qu'aux températures supérieures à celles du liquidus (liquide homogène) et les courbes en pointillé correspondent aux valeurs extrapolées. De 1 700 à 2 100°C le maximum des viscosités se déplace vers les teneurs élevées en Al_2O_3. La viscosité de l'alumine pure est égale à 3,7 Pl à $T = 2\,100$°C et 4,6 Pl à sa température de fusion (2 020°C ± 10°). Une étude en cours sur l'ensemble du diagramme Al_2O_3-CaO-SiO_2 donnera l'évolution de E avec la teneur en silice.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) On sait que 1 Poiseuille (Pl) = 0,1 poise.

(2) M. MARGULES, *Wien Acad.*, 83, 1881, p. 558.

(3) E. N. DA C. ANDRADE, *Nature*, 125, 1930, p. 309.

(4) P. KOZAKEVITCH, *Revue de Métallurgie*, 57, 1960, p. 149-160.

*(Département Chimie Physique,
Institut de Recherches de la Sidérurgie, 185, rue du Président-Roosevelt,
Saint-Germain-en-Laye, Seine-et-Oise.)*

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la cinétique de la nitruration du magnésium entre* 500 *et* 600°C. Note (*) de M. **Pierre Belin**, présentée par M. Georges Chaudron.

Gregg et Jepson ([1]), puis Mikhail et Gouda ([2]) ont étudié la cinétique de l'oxydation d'échantillons lamellaires de magnésium préalablement chauffés sous vide, dans des conditions de température et de pression où la sublimation du métal provoque le détachement du film superficiel de son support. Leurs résultats montrent qu'à un premier régime linéaire succède une période d'accélération où la vitesse d'oxydation augmente en fonction du temps, puis se maintient ensuite constante. Cette évolution présente donc une allure bien différente de celle observée lorsque les surfaces sont préparées par les méthodes de polissage mécanique ou de polissage chimique ([1]).

Il nous a paru intéressant d'utiliser cette méthode de préparation de l'état de surface pour étudier la cinétique de nitruration du magnésium nucléaire, — titrant 99,7 % en magnésium —, au moyen du dispositif expérimental déjà décrit ([3]), où l'on a la possibilité d'effectuer le traitement thermique dans le tube laboratoire lui-même, ce qui évite toute contamination nouvelle de l'échantillon avant l'introduction de l'azote pur.

Sur les courbes expérimentales, — où la masse d'azote fixée par centimètre carré de l'échantillon est portée en fonction du temps —, qui sont représentées sur la figure 1, on peut observer qu'il s'établit d'abord un régime linéaire, mais la période d'accélération s'étale sur un intervalle de temps plus important que lors des essais d'oxydation. On peut alors vérifier que la vitesse de réaction augmente comme l'indique, la loi $dm/dt = k_e m$ qui traduit une évolution exponentielle. Lorsque l'expérience est poursuivie au-delà de 6 h, la vitesse de réaction reste constante pendant un certain temps et diminue ensuite, mais à cause de la mauvaise adhérence du nitrure au support métallique, les résultats présentent peu de reproductibilité.

L'allure des courbes cinétiques relatives à la nitruration d'échantillons polis chimiquement est nettement différente puisque après une période linéaire observée en début d'expérience, la réaction tend ensuite à évoluer selon un régime parabolique, sans qu'aucune accélération ne soit décelée. Ainsi, comme lors de l'oxydation du magnésium, l'augmentation de la vitesse de réaction au cours du temps ne se produit que si le métal a été au préalable soumis à un traitement thermique sous vide.

Un autre rapprochement peut alors être établi avec les résultats de Chandrasekharaiah et Margrave ([4]) qui, au cours de leurs recherches sur l'oxydation et la nitruration du lithium et des métaux alcalino-terreux ont eu recours à une technique de préparation des échantillons tout à fait semblable. On peut noter que la cinétique de certaines de ces réactions suit des lois linéaires et exponentielles. Les énergies d'activation expérimentales

ont été déterminées : tandis que les valeurs relatives au régime d'évolution à vitesse constante varient de 17,2 à 28,0 kcal/mole, celles qui se rapportent à la période d'accélération exponentielle sont beaucoup plus faibles puisque

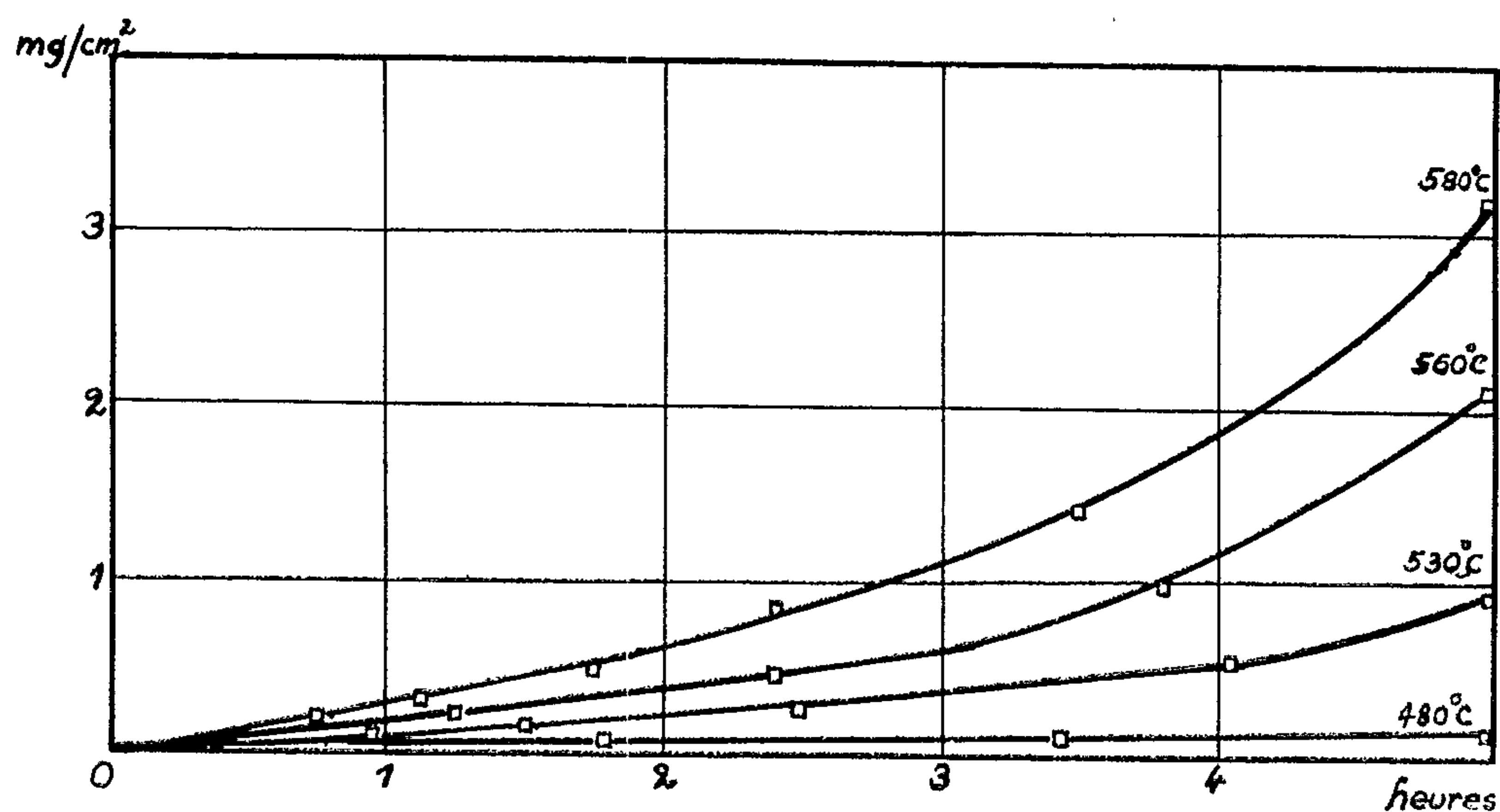


Fig. 1.

de l'ordre de 5 kcal/mole. Bien qu'établis avec un nombre plus restreint de données, les diagrammes ($\log_e k$, $1/T$) obtenus à partir de nos résultats

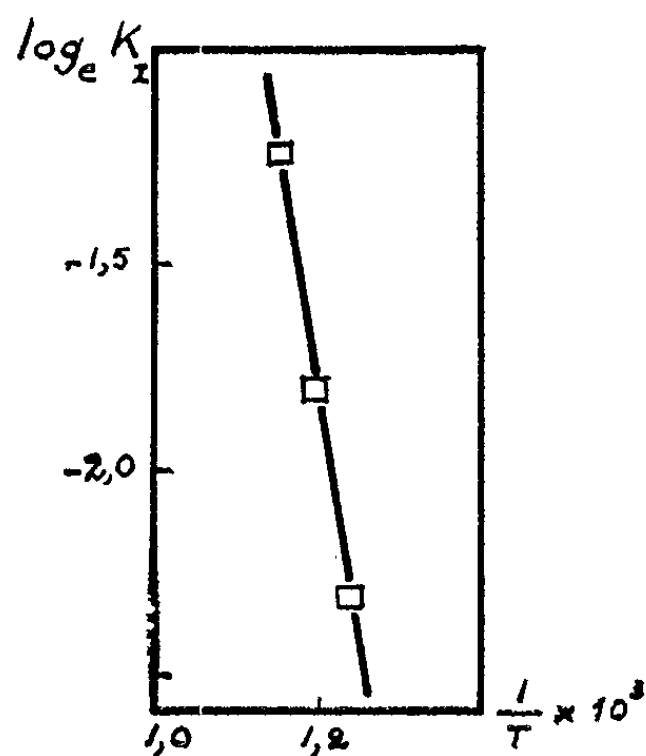


Fig. 2.

expérimentaux montrent que la loi d'Arrhénius est suivie et les valeurs d'énergie d'activation expérimentale trouvées sont 26,0 kcal/mole pour la partie linéaire et 5,8 kcal/mole pour le régime exponentiel, donc du même ordre de grandeur que celles précédemment citées (*fig.* 2 et 3).

Du point de vue cinétique, les comportements du lithium, du magnésium et des alcalino-terreux lors de leur nitruration sont donc tout à fait comparables, lorsque ces métaux ont subi un traitement thermique sous vide préalable.

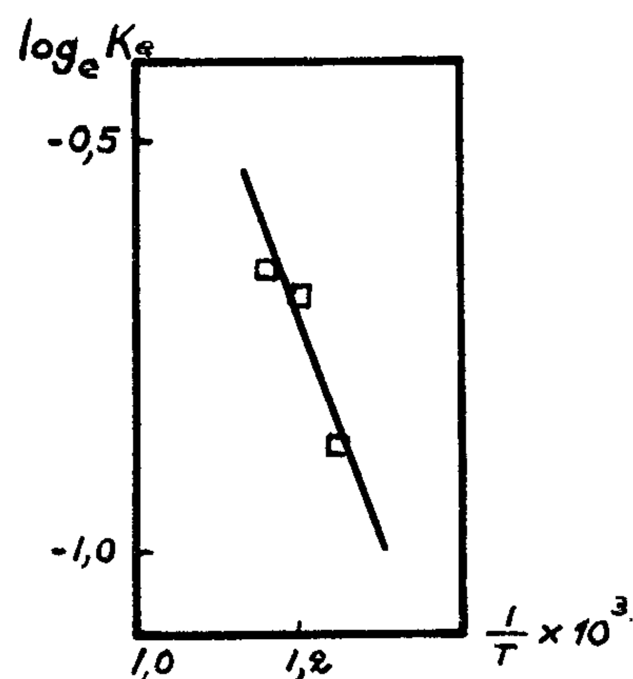


Fig. 3.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) S. J. Gregg et W. B. Jepson, *J. Inst. Metals*, 87, 1959, p. 187.

(2) R. S. Mikhail et V. K. Gouda, *J. Appl. Chim.* G. B., 10, 1960, p. 384.

(3) P. Belin, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3538.

(4) M. S. Chandrasekharaiah et J. L. Margrave, *J. Électrochem. Soc.*, 108, 1961, p. 1008.

(Laboratoire de Chimie, Collège Scientifique Universitaire, 2 bis, boulevard Tonnellé, Tours, Indre-et-Loire.)

CATALYSE. — *Structure cristallographique de catalyseurs à base d'oxyde de zinc.* Note (*) de MM. **Jean-Eugène Germain** et **Louis Ponsolle**, présentée par M. Paul Pascal.

L'utilisation simultanée de la microscopie et de la diffraction électronique permet de déceler et d'interpréter les modifications texturales subies par des catalyseurs à base d'oxyde de zinc au cours des traitements thermiques.

L'étude de la texture et de la structure des catalyseurs solides est rendue difficile par l'évolution de ces produits au cours des traitements thermiques qu'ils subissent.

Dans le cas des catalyseurs mixtes oxyde de zinc-oxyde de chrome, préparés par précipitation des hydroxydes par l'ammoniaque à partir d'une solution de nitrate de zinc et de chrome, nous avons établi les points suivants [1] :

Pour les catalyseurs dont la teneur en oxyde de chrome est comprise entre 0 et 50 % (en moles), chauffés à l'air ou en atmosphère d'hydrogène à des températures comprises entre 300 et 600°C, pendant 4 h :

— le catalyseur est formé de deux phases :

1° l'oxyde de zinc libre;

2° le chromite de zinc;

— le chromite de zinc joue le rôle de promoteur textural;

— la morphologie de chaque phase évolue considérablement avec le traitement thermique :

Le chromite de zinc est sous la forme de cristallites cubiques dont la taille varie assez peu avec la composition et le traitement.

L'oxyde de zinc se présente sous la forme de cristaux tabulaires d'un diamètre apparent de 1 à 3 μ et dont l'épaisseur varie avec la composition entre 100 et 500 Å.

Ces plaquettes sont transformées par chauffage en microcristallites qui conservent une orientation commune ainsi que le montre la microdiffraction.

Ces résultats confirment et complètent les observations des autres auteurs [2].

Nous avions observé et signalé, sur les plaquettes d'oxyde de zinc portées à 400°C l'apparition de lignes sombres réparties selon trois directions à 120°.

Ce phénomène étant très fréquent pour toutes les compositions nous avons tenté d'en donner une explication.

L'étude des micrographies montre qu'il ne s'agit pas d'un phénomène relié à la surface propre du cristal comme pour les cristaux d'oxyde de molybdène [[3], [4]] car ces lignes ont des contours bien définis et dans certains cas peuvent déborder légèrement du cristal (*fig.* 1).

Nous avons procédé à un dépouillement approfondi des diagrammes de diffraction donnés par des plaquettes d'oxyde de zinc isolées et portant de telles figures (*fig.* 2 *a*).

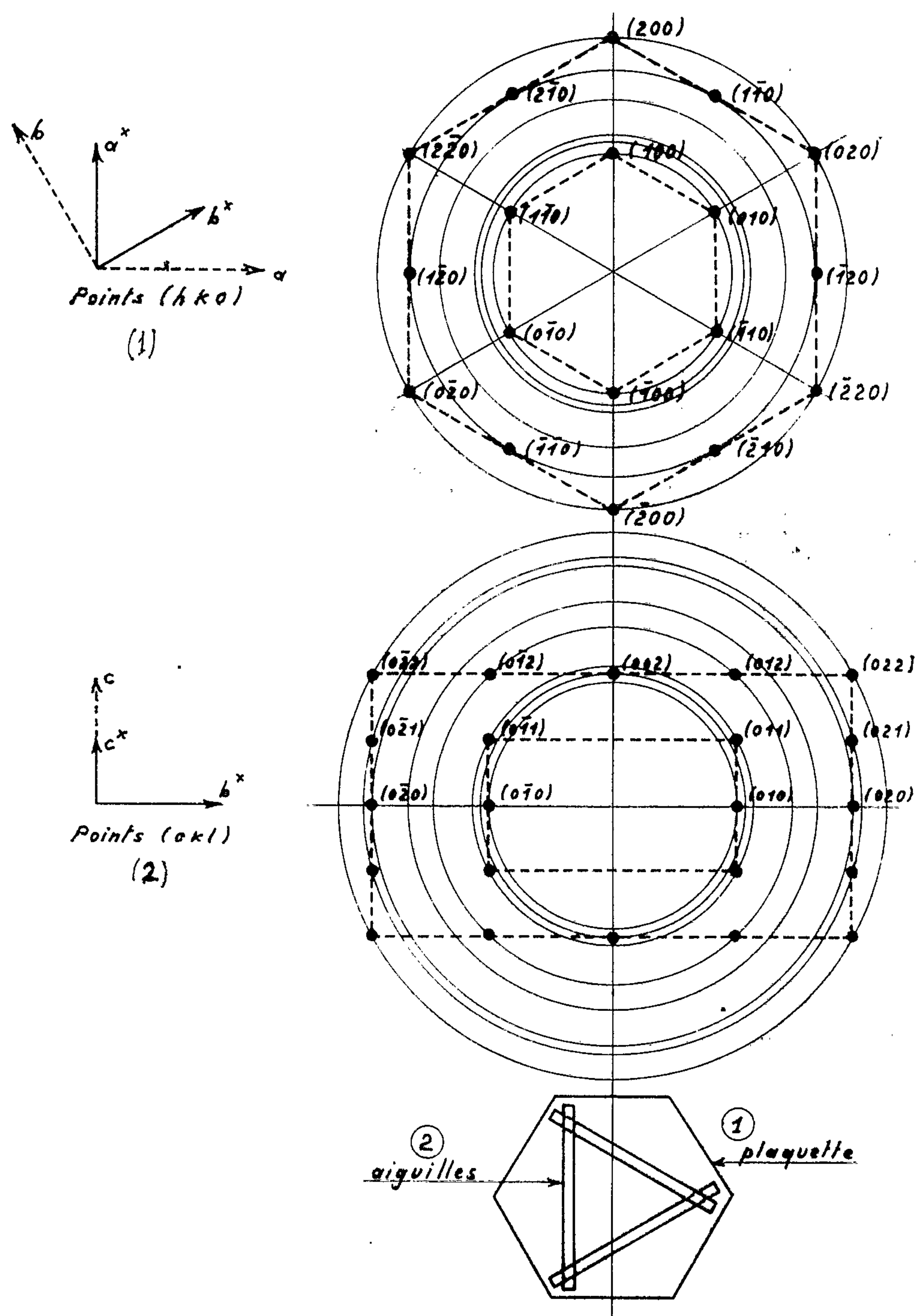
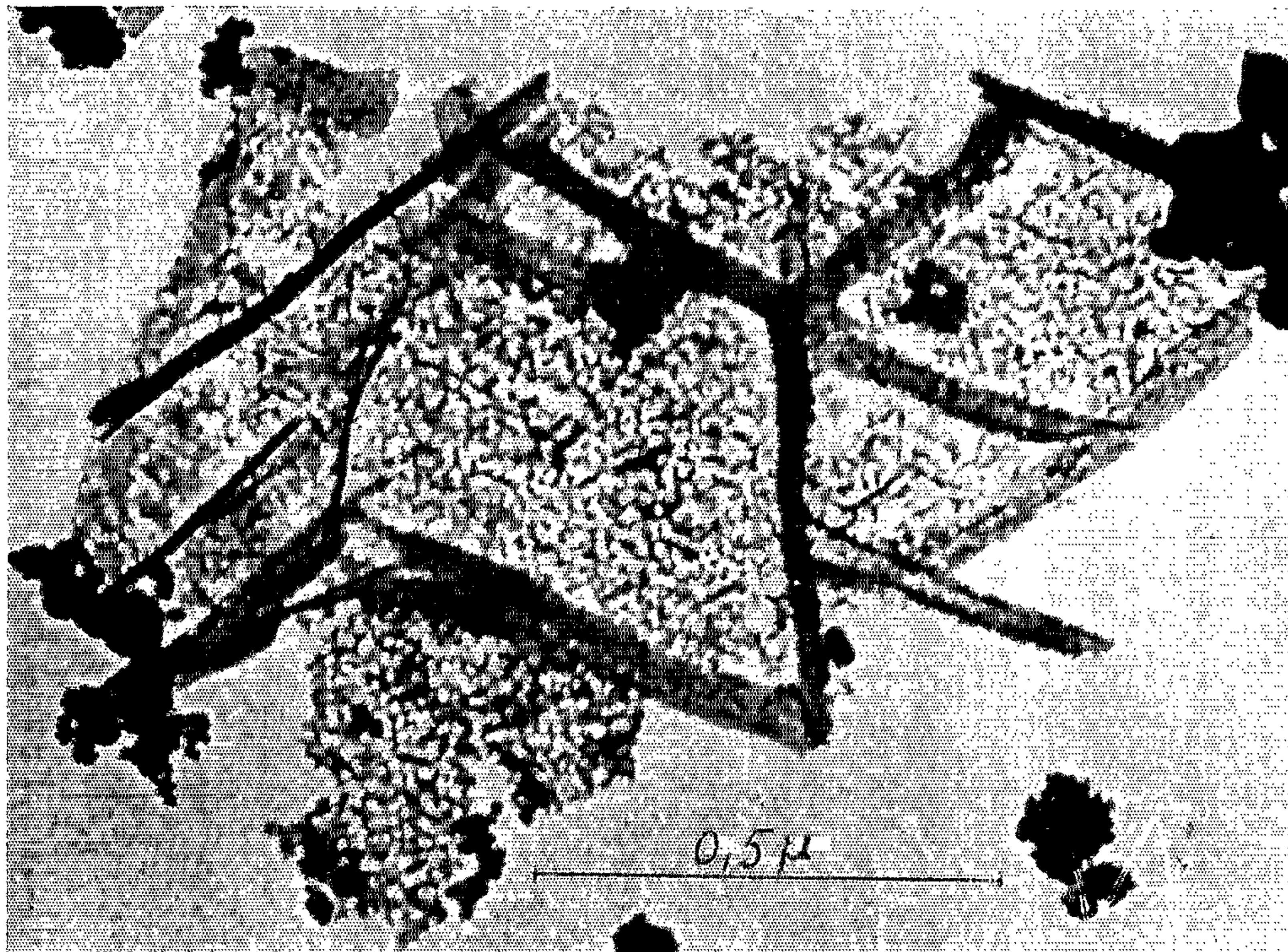


Fig. 3. — Réseaux réciproques de monocristaux d'oxyde de zinc.

(1) Axe *c* parallèle au faisceau incident.
(2) Axe *c* perpendiculaire au faisceau incident.



Fig. 1. — Cristal d'oxyde de zinc d'un catalyseur à 75 % ZnO chauffé à 400°C (G direct × 38 000).



(*a*) Cristal plat avec aiguilles (G direct × 40 000).

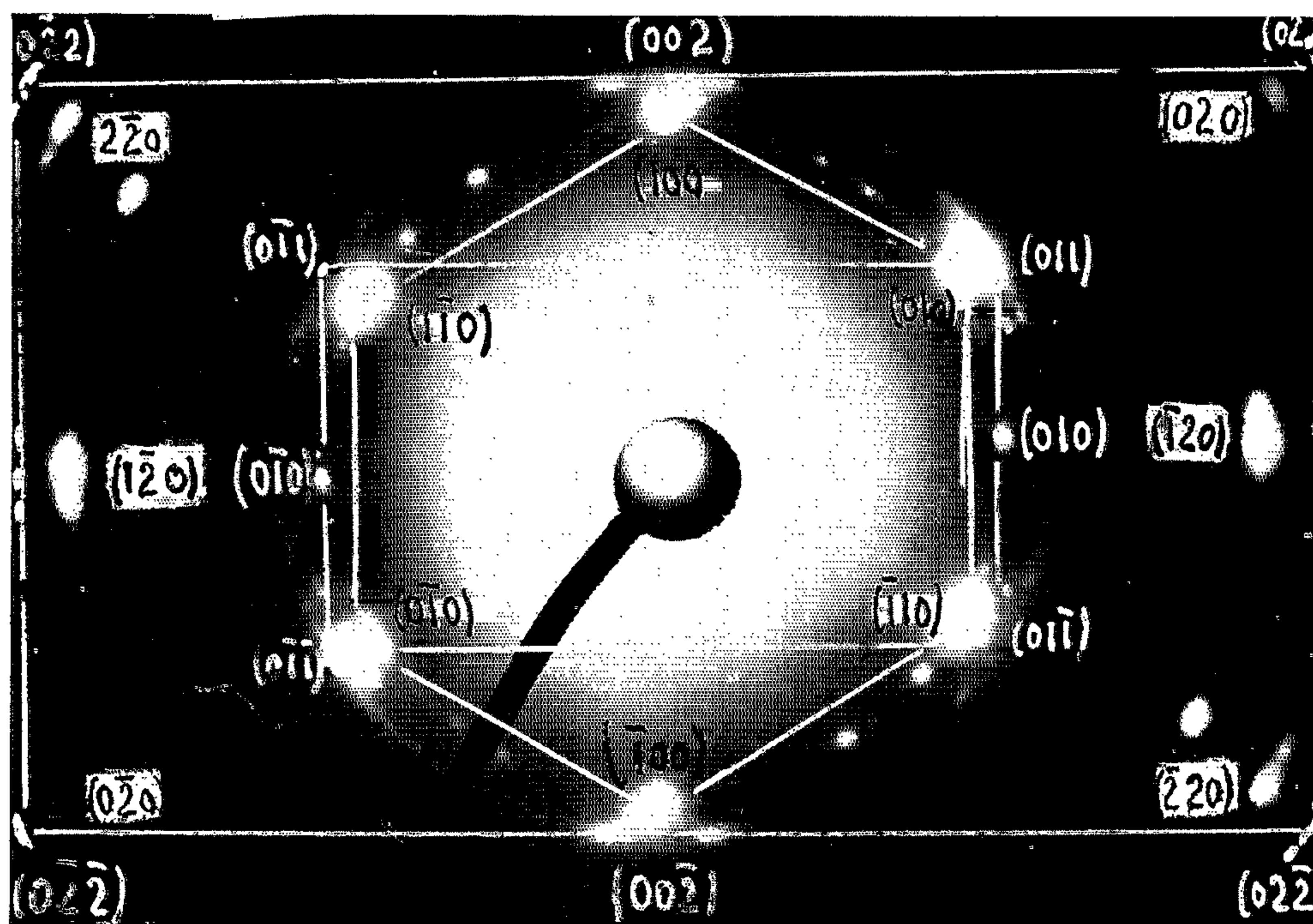


Fig. 2. — Catalyseur à 75 % ZnO.
(*b*) Diagramme de diffraction de la région isolée.

On constate que toute les taches de diffraction sont attribuables à l'oxyde de zinc.

La distribution des taches sur les diagrammes présente une certaine symétrie qui peut être expliquée par la superposition de deux diagrammes, l'un correspondant à un cristal d'axe de symétrie sénaire c parallèle au faisceau électronique, l'autre correspondant à des cristaux ayant l'axe c orientés dans une direction perpendiculaire au faisceau (*fig.* 2 *b*).

La figure 3 représente les réseaux réciproques (1) et (2) des plans de cote ($hk0$) et ($0kl$) correspondant aux cristaux dont l'axe cristallographique c est orienté respectivement selon la direction du faisceau incident et perpendiculairement.

Le diagramme expérimental est obtenu en superposant les deux diagrammes et en faisant subir à (2) deux rotations de 120°.

De plus, la disposition relative des deux diagrammes nous permet d'affirmer que l'axe c de (2) est normal aux faces (100) de (1), soit

$$[001]_{(2)} \perp (001)_{(1)}.$$

Les données microscopiques et cristallographiques montrent donc que les lignes sombres sont formées par des aiguilles d'oxyde de zinc analogues à celles obtenues par combustion du zinc et disposées selon trois directions à 120° sur un cristal plat dont l'axe c est parallèle au faisceau électronique.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) J.-E. Germain et L. Ponsolle, *Bull. Soc. Chim.*, 1961, p. 1572.

(2) W. E. Garner, D. A. Dowden et J. F. Garcia de la Banda, *An. de fis. y quim.*, 50 B, 1950, p. 35.

(3) E. Pernoux, *Thèse de Doctorat*, Lyon, 1950.

(4) L. Ponsolle, *Diplôme d'Études supérieures*, Toulouse, 1954.

(*Laboratoire de Chimie générale, Faculté des Sciences de Lille.*)

ÉLECTROCHIMIE. — *Sur la détermination du potentiel normal du nickel en solution aqueuse de* $NiSO_4$. Note (*) de M. **Antonio Lopez-Lopez**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'étude relative à la détermination du potentiel normal du nickel en solution aqueuse de $NiSO_4$ indique pour ce potentiel des valeurs comprises entre — 0,22 V [1] et — 0,25 V [2].

Cette incertitude est due à de nombreux facteurs et en particulier : *a*. à l'influence des phases gazeuses sur l'équilibre électrode-électrolyte; *b*. à la lenteur avec laquelle on arrive à l'état d'équilibre.

Les travaux antérieurs ont été faits dans les conditions expérimentales les plus diverses, les efforts portant surtout sur l'obtention d'un état standard pour l'électrode et sur la détermination puis l'annulation de l'influence, sur le potentiel, des gaz dissous dans l'électrolyte.

Haring et Van den Bosche [3] ont fait des mesures avec des électrodes de nickel en poudre fine dans le vide; Kwanji Murata [4] avec des électrodes de nickel réduit par l'hydrogène dans une atmosphère d'hydrogène; Colombier [5] avec des électrodes de nickel : *a*. poli mécaniquement; *b*. réduit électrolytiquement; *c*. réduit par l'hydrogène en opérant sous vide.

Nous avons pensé employer des électrodes polies chimiquement et opérer dans une atmosphère d'azote ou d'argon.

Le dispositif expérimental est essentiellement le suivant. L'électrolyte se trouve dans un ballon fermé dans lequel on place un thermomètre, un barboteur à gaz, un tube de sortie pour les gaz, l'électrode de nickel et une électrode au calomel. L'ensemble plonge dans un thermostat qui maintient la température à 22°C.

L'électrolyte est une solution molaire ou 1/10 molaire de $NiSO_4$ acidulée avec H_2SO_4 afin d'éviter la formation sur l'électrode de nickel d'une couche superficielle d'hydroxydes de nickel. L'addition de H_2SO_4 n'introduit aucun ion étranger à ceux qui existent dans la solution aqueuse de $NiSO_4$. Certaines mesures ont été faites avec un agitateur magnétique, d'autres sans. L'équilibre atteint était le même dans les deux cas, sa durée d'obtention est toutefois sensiblement plus importante dans le premier cas.

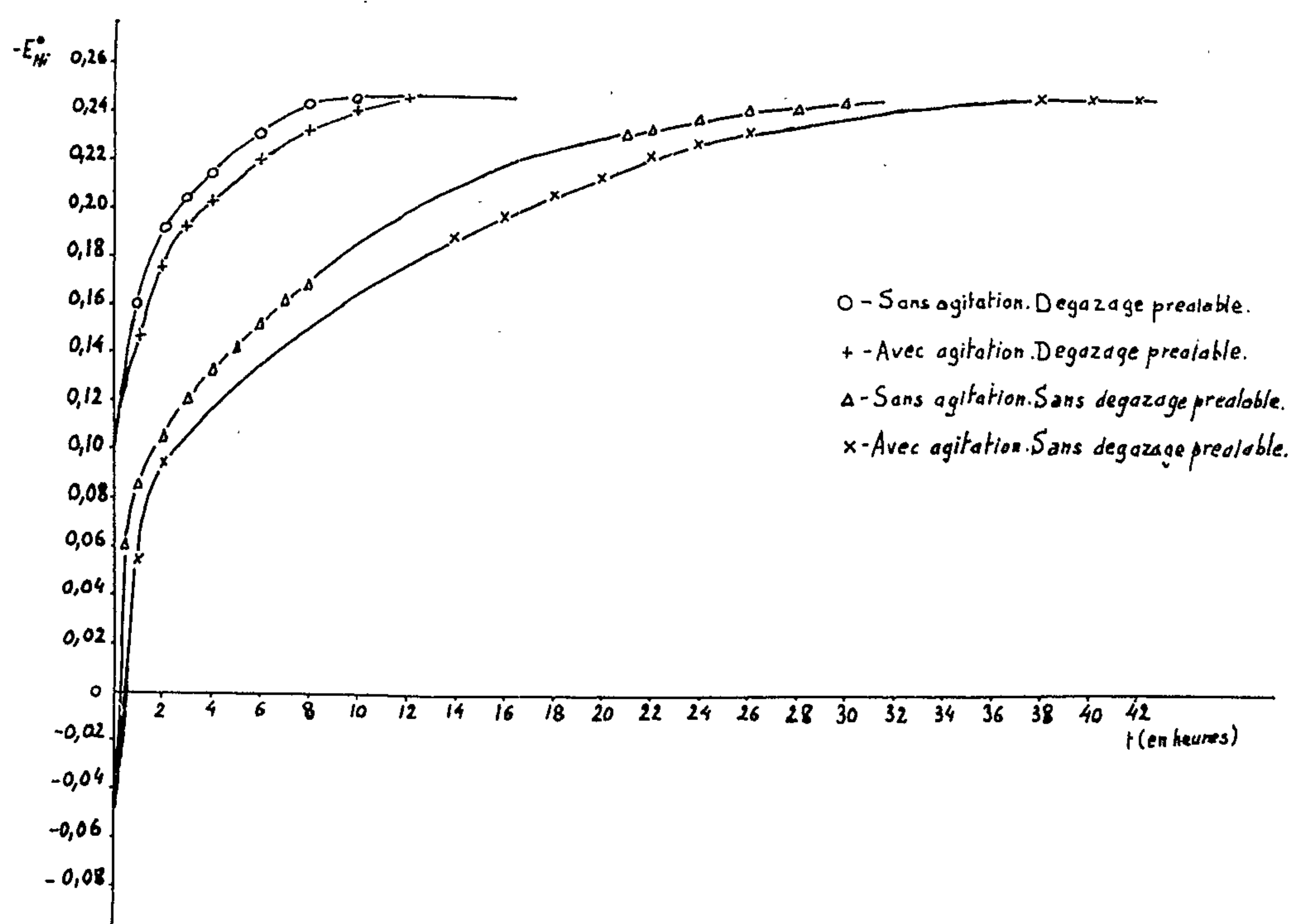
La force électromotrice de l'électrode au calomel saturée à 22° par rapport à l'électrode d'hydrogène a pour valeur 0,2451 V.

Nous avons observé les faits suivants :

1. Si l'on emploie successivement des électrodes dont les états de surface sont différents (surfaces polies mécaniquement ou chimiquement par exemple) on obtient après équilibre la même valeur pour le potentiel normal. 2. Si l'on polit chimiquement [6] les électrodes de nickel en les

plongeant dans un bain de 30 ml de HNO_3, 10 ml de H_2SO_4, 10 ml de H_3PO_4, 50 ml de CH_3COOH cristallisé pendant 1 mn, on vérifie que la d. d. p. entre deux électrodes polies par ce procédé ne dépasse pas 2/10 de millivolt, alors qu'entre deux électrodes recuites et polies à l'émeri elle peut atteindre 25 mV. On a donc réalisé une électrode étalon qu'on va employer à la mesure du potentiel normal.

3. Si l'on dégaze au préalable la solution de $NiSO_4$ à l'aide d'une trompe à eau qui fait le vide dans le récipient; après quoi on introduit barboteur, électrodes, thermomètre, puis on fait passer l'azote, on arrive, sans



agitation, à un état d'équilibre au bout de 10 h environ. Avec agitation (magnétique), on arrive à la même valeur mais l'obtention de l'équilibre est plus longue. Lorsqu'on ne fait pas un dégazage préalable de la solution, laissant au passage de l'azote le soin de chasser les gaz présents, on obtient l'équilibre au bout de 40 h avec agitation.

4. Si l'on recommence ces expériences en remplaçant l'azote par l'argon, il n'y a aucune modification dans les résultats (il faut noter qu'azote et argon traversent une solution d'acide pyrogallique et un tube contenant Cl_2Ca, avant d'arriver à la solution).

5. Il faut régler le débit de l'azote et de l'argon de manière qu'une variation de ce débit n'entraîne pas de variation dans la valeur du potentiel, de qui a lieu au-dessus d'un certain débit au-delà duquel nous travaillerons toujours.

La f. é. m. E mesurée au potentiomètre est :

$$E = E_{cal} - E_{Ni} = 0,2451 - \left(E^0_{Ni} + \frac{RT}{2F} \log a_{Ni^{++}} \right),$$

soit avec nos valeurs :

$$E = E^0_{Ni} = -0,246 \pm 0,04 \text{ V}.$$

Les courbes ci-dessus représentent les variations de E^0_{Ni} en fonction du temps dans diverses conditions expérimentales.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) J. Salauze, *Traité de Galvanoplastie*, Paris, 1956, p. 47.
(2) Lange, *Hand Chem.*, New-York, 1961, p. 1212-1218.
(3) Haring et Van den Bosche, *J. Phys. Chem.*, 33, 1929, p. 161.
(4) Kwanji Murata, *Bull. Chem. Soc. Jap.*, 3, 1928, p. 57.
(5) L. Colombier, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 273.
(6) W. J. Mc Tegart, *The electrolytic and chemical polishing of métals*, Oxford, 1959, p. 93-101.

ÉLECTROCHIMIE. — *Critères d'utilisation de l'électrode de Coriou dans le fluorozirconate de potassium.* Note (*) de Mme **Marie-Jeanne Barbier** et M. **Jacques Cotteret**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'électrode de Coriou, stable et non polarisable, fait preuve d'une réversibilité satisfaisante dans le fluorozirconate de potassium fondu; les jonctions liquides de la chaîne ainsi formée introduisent une f. é. m. dont l'ordre de grandeur calculé est 10 mV.

Parmi les diverses électrodes de référence utilisables dans le domaine des hautes températures [1], l'électrode proposée par Coriou [2] est l'une des rares qui soient susceptibles de résister à l'action corrosive des fluorures fondus.

Avant de l'utiliser comme demi-pile de référence, nous nous sommes assurés des caractéristiques de stabilité, non polarisabilité et réversibilité de fonctionnement de cette électrode dans le fluorozirconate de potassium. Nous avons calculé ensuite l'ordre de grandeur des tensions de jonction qui prennent naissance au contact des différents liquides de la chaîne.

L'électrode est construite conformément aux données de Coriou (*fig.* 1). Deux gaines cylindriques coaxiales, l'une de graphite, G, l'autre de silice, S, contiennent respectivement du chlorure de sodium et du chlorure d'argent. Un fil d'argent, A, plonge dans le chlorure d'argent. La jonction AgCl-NaCl se fait à travers un tampon d'amiante, tandis qu'un bouchon de graphite, B, assure, grâce à son filetage, la jonction entre NaCl et K_2ZrF_6.

Les essais sont effectués sur deux électrodes identiques, disposées dans un creuset de graphite fermé par un couvercle laissant le passage à une tubulure d'entrée d'argon et aux têtes des électrodes de Coriou. Ce dispositif est placé dans le manchon cylindrique, balayé par de l'argon, d'un four à résistance de kanthal régulé en température. La différence de potentiel continue appliquée aux électrodes est fournie par un potentiostat et lue à 1 mV près sur un millivoltmètre électronique; un milliampèremètre indique l'intensité du courant traversant la cellule.

Essais de stabilité. — Deux électrodes plongées dans le fluorozirconate de potassium fondu à 850°C présentent une différence de potentiel de 15 mV, qui, au bout de 15 mn, s'annule. En maintenant les électrodes plongées dans le bain pendant 30 mn, aucune tension n'est décelable.

Essais de polarisabilité. — En imposant une différence de potentiel de 200 mV entre deux électrodes et en la supprimant au bout de 10 mn, la tension aux bornes résiduelle tombe rapidement jusqu'à 15 mV pour s'annuler au bout de 5 mn.

Essais de réversibilité. — La courbe tension aux bornes-courant relative à deux électrodes montées en opposition est représentée sur la figure 2. La tension aux bornes résiduelle est faible, compte tenu du courant débité : après un second tracé elle s'annule.

Calcul de la f. é. m. de jonction liquide. — La tension globale de jonction comporte deux termes :

$$E = E_1 + E_2,$$

E_1, différence de potentiel entre AgCl et NaCl (à travers l'amiante);
E_2, différence de potentiel entre NaCl et K_2ZrF_6 (à travers la vis de graphite).

Les volumes molaires de AgCl et NaCl fondus étant du même ordre de grandeur, on peut évaluer E_1 par l'expression simple

$$E_1 = \frac{RT}{F} \ln \frac{\Lambda_0 AgCl}{\Lambda_0 NaCl},$$

dans laquelle Λ_0 est la conductance équivalente ([3]) du sel fondu, en Ω^{-1}.équiv-g^{-1}.

On obtient

$$E_1 = -0{,}0255 \text{ V}.$$

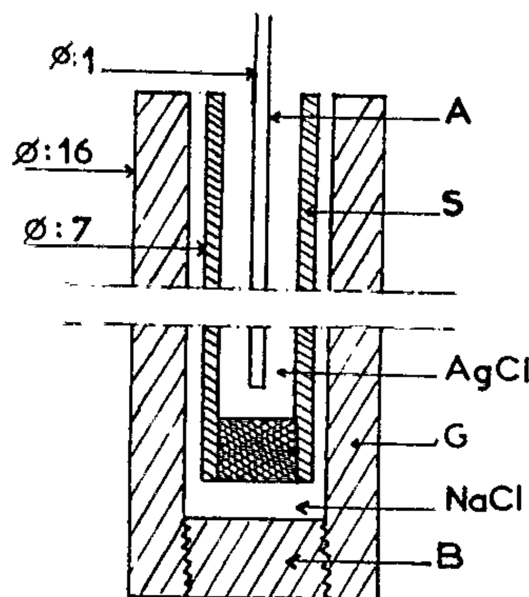


Fig. 1.

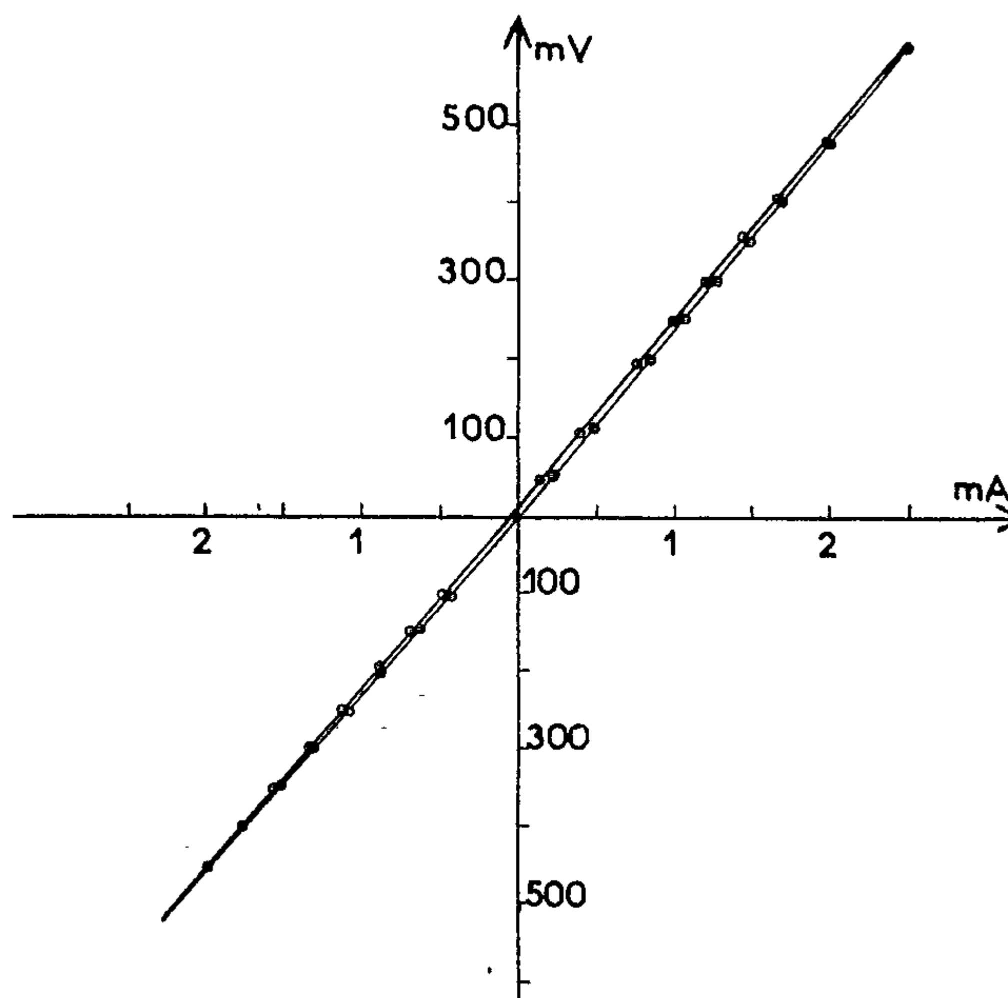


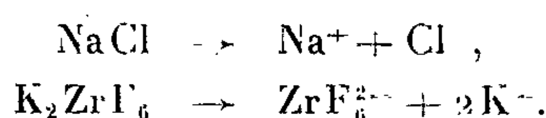
Fig. 2.

Le calcul de E_2 nécessite l'emploi de l'expression générale de Henderson :

$$E_2 = \frac{RT}{F} \frac{\sum\limits_{n} \frac{u_i}{z_i}(c_i'' - c_i')}{\sum\limits_{n} u_i(c_i'' - c_i')} \ln \frac{\sum\limits_{n} u_i c_i'}{\sum\limits_{n} u_i c_i''},$$

dans laquelle les termes relatifs à l'ion d'espèce i représentent :
u_i la mobilité rapportée à l'unité de charge;
z_i, l'électrovalence;
c_i' la concentration ionique équivalente de NaCl pur;
c_i'' la concentration ionique équivalente de K_2ZrF_6 pur.

Nous supposons que les sels purs sont essentiellement dissociés selon



$$NaCl \rightarrow Na^+ + Cl^-,$$
$$K_2ZrF_6 \rightarrow ZrF_6^{2-} + 2K^+.$$

Les mobilités, inversement proportionnelles aux rayons ioniques r_i ([4]), peuvent être représentées, d'une façon plus générale, par le rapport $|z_i|/r_i$ qui tient compte de la charge de l'ion. La détermination de ce rapport, proportionnel à u_i, nous suffit pour effectuer le calcul d'Henderson.

A défaut des valeurs des rayons des ions à l'état liquide, nous adoptons pour r_i les valeurs des rayons ioniques dans le cristal ([5]); le rayon de ZrF_6^{2-} est calculé en supposant l'édifice symétrique. Nous admettons donc, en première approximation, que la correction de déformation des ions due à la température s'élimine dans l'expression de E_2 :

$$u_{Na^+} = 1,043, \qquad u_{K^+} = 0,751,$$
$$u_{Cl^-} = 0,554, \qquad u_{ZrF_6^{2-}} = 0,561.$$

Les concentrations ioniques équivalentes s'écrivent : $c_i = \rho/E$, rapport de la densité au poids équivalent du sel fondu.

Pour NaCl à 900°C ([3]),

$$\rho = 1,502 \text{ g.cm}^{-3}.$$
$$c_{Na^+} = c_{Cl^-} = 0,0257 \text{ équiv-g.cm}^{-3}.$$

La densité de K_2ZrF_6, calculée par la loi d'additivité, à partir des données publiées sur ZrF_4 ([6]) et sur KF ([7]), est égale à 2,39 g.cm^{-3} :

$$c_{ZrF_6^{2-}} = c_{K^+} = 1,68.10^{-2} \text{ équiv-g.cm}^{-3}.$$

En portant l'ensemble des valeurs calculées dans la formule générale, on obtient finalement

$$E_2 = 0,0155 \text{ V}$$
$$E = E_1 + E_2 = -0,0255 + 0,0155 = -0,0100, \quad \text{soit } 10 \text{ mV}.$$

La chaîne liquide introduit une f. é. m. dont la valeur calculée est du même ordre de grandeur que l'écart à la réversibilité. On peut donc en négliger la correction lorsqu'on utilise l'électrode de Coriou comme demi-pile de référence dans le fluorozirconate de potassium.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) G. DANNER et M. REY, *Electrochim. Acta*, 4, 1961, p. 274.
([2]) H. CORIOU, *Coll. intern. du C. N. R. S.*, n° 73, 1956, p. 223.
([3]) I. S. YAFFE et E. R. VAN ARTSDALEN, *J. Phys. Chem.*, 60, 1956, p. 1125.
([4]) G. PETIT, *Coll. intern. du C. N. R. S.*, n° 73, 1956, p. 231.
([5]) E. F. JOHNSON et F. W. PARDÉE, *Electrical conductivity of fused Salts*, U. S. Atomic Energy Commission, Matt. 99, août 1961.
([6]) R. WINAND, *Thèse*, Université libre de Bruxelles, 1960.
([7]) E. M. YIM et M. FEINLIEB, *J. Electrochem. Soc.*, 104, 1957, p. 626.

(*Laboratoire de Chimie minérale et Électrochimie, 39, boulevard Gambetta, Grenoble.*)

ÉLECTROCHIMIE APPLIQUÉE. — *Influence de l'acide thioglycolique, inhibiteur organique de la corrosion du fer, sur la courbe électrocapillaire du mercure.* Note (*) de Mme **Suzanne Jeannin**, présentée par M. Georges Chaudron.

Dans le cas des inhibiteurs organiques de corrosion, la formation d'un film adsorbé joue un rôle important, soit comme seul facteur responsable de l'inhibition, soit comme étape primaire de la constitution d'une couche protectrice sur le métal. C'est pourquoi plusieurs auteurs [(1), (2), (3)] ont essayé de prévoir, pour un composé donné, la possibilité de s'adsorber sur une surface métallique en étudiant, en particulier, son influence sur la courbe électrocapillaire du mercure.

Cette courbe, d'allure parabolique, traduit la variation de la tension interfaciale σ d'une électrode à goutte de mercure polarisée cathodiquement, en fonction du potentiel qui lui est appliqué. La charge de la goutte de mercure, nulle pour la valeur du potentiel correspondant au maximum de la courbe, est positive dans le domaine de potentiel relatif à sa branche ascendante et négative dans le domaine de potentiel relatif à sa branche descendante.

Il semble possible de relier l'inhibition anodique d'un composé à son action sur la branche ascendante de la courbe électrocapillaire du mercure. De même, un inhibiteur cathodique abaisse la branche descendante, et un inhibiteur mixte les deux branches de cette courbe.

Nous avons appliqué cette méthode d'étude à l'acide thioglycolique, $CH_2SH-COOH$, dans une solution désaérée de chlorure de potassium à la concentration de 3 % et pour un domaine de pH variant entre 1 et 6.

La courbe électrocapillaire est obtenue en mesurant, pour chaque valeur du potentiel appliqué, le temps de chute d'une goutte, c'est-à-dire l'intervalle de temps qui sépare la chute de deux gouttes successives de mercure.

L'acide thioglycolique, utilisé à des concentrations croissant de 3.10^{-6} à 1 g/ml, provoque un abaissement des deux branches de la courbe électrocapillaire (*fig.* 1); cette action traduit une inhibition mixte de la corrosion, quel que soit le pH de la solution corrosive. Ce résultat confirme celui que nous avions précédemment obtenu grâce à la suppression des maximums polarographiques (4). Cependant, il nous a paru intéressant de déterminer la variation de l'abaissement de la tension superficielle en fonction de la concentration d'acide thioglycolique. Pour ce faire, nous avons tracé les courbes représentant cette variation, d'une part pour un potentiel correspondant à une charge positive de la goutte de mercure, d'autre part pour un potentiel correspondant à une charge négative de la goutte de mercure (*fig.* 2 et 3).

L'analyse de ces courbes montre que la concentration à partir de laquelle se manifeste une action sur la branche ascendante, pour un potentiel

de — 0,2 V/e. c. s., est de $4,5.10^{-4}$ g/ml à pH 6 et de 320.10^{-4} g/ml à pH 1 : l'acide thioglycolique serait ainsi un meilleur inhibiteur anodique en milieu neutre qu'en milieu acide. En outre, le domaine de concentration correspondant à l'action mesurée sur la branche descendante, pour un potentiel de — 0,7 V/e. c. s., est le même à pH 6 et 1 : l'inhibition cathodique de

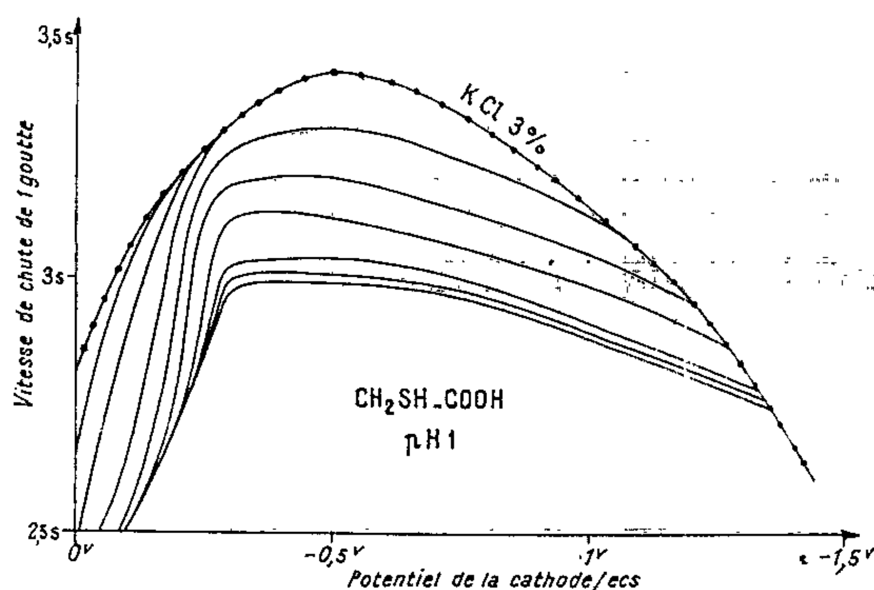


Fig. 1.

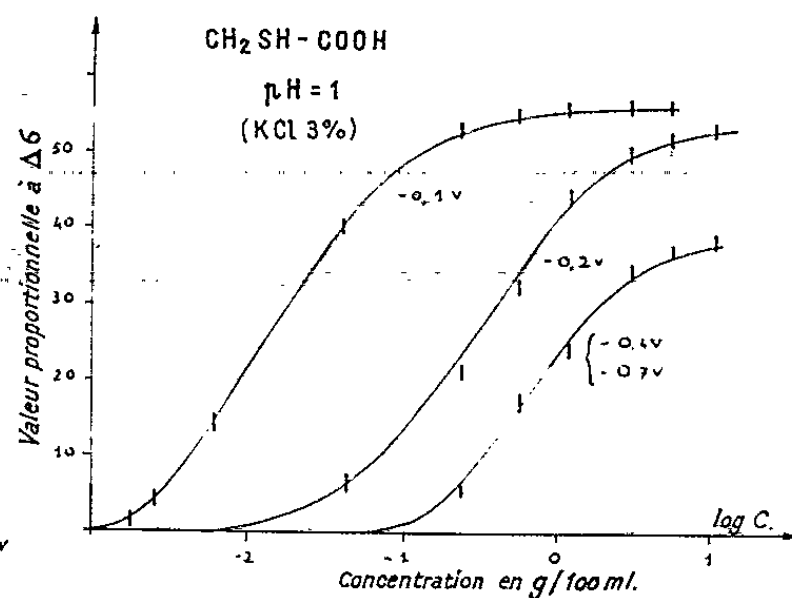


Fig. 2.

Fig. 1. — Influence de concentrations croissantes d'acide thioglycolique sur la courbe électrocapillaire du mercure (solution KCl 3 %).
Fig. 2. — Courbes, à potentiel constant, dans KCl 3 % à pH 1.

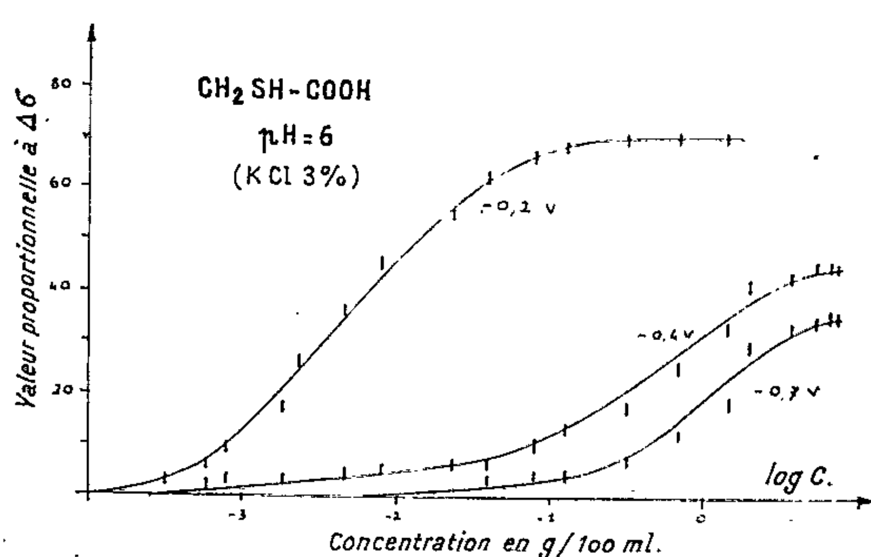


Fig. 3.

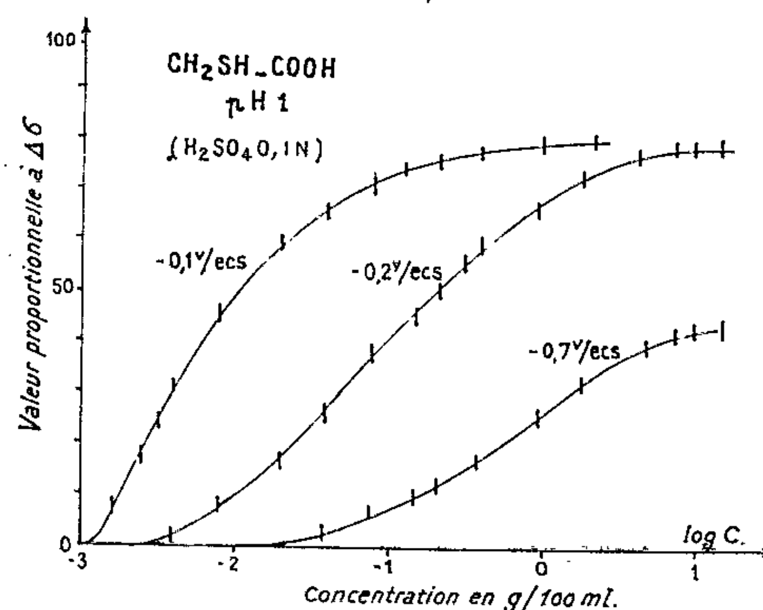


Fig. 4.

Fig. 3. — Courbes, à potentiel constant, dans KCl 3 % à pH 6.
Fig. 4. — Courbes, à potentiel constant, dans H_2SO_4 à pH 1.

l'acide thioglycolique ne devrait pas dépendre du pH de la solution de chlorure de potassium.

Enfin, les mesures effectuées avec une solution d'acide sulfurique 0,1 N ont montré (*fig.* 4), par comparaison avec celles obtenues pour la solution de chlorure de potassium à pH 1, que la qualité du milieu n'affecte pas, dans ce cas, le domaine des concentrations pour lesquelles se manifeste l'action de l'acide thioglycolique.

En conclusion, l'étude menée avec l'électrode à goutte de mercure indique, pour l'acide thioglycolique, la possibilité d'être un inhibiteur

anodique et cathodique de la corrosion du fer, quel que soit le pH de la solution entre 1 et 6. Mais elle ne présume rien des réactions chimiques qui peuvent se produire lorsque l'inhibiteur se trouve en contact avec le fer qui se corrode. Or, il convient de rappeler l'existence, en milieu neutre, d'un complexe soluble entre les ions ferreux ou ferriques et l'acide thioglycolique [(5), (6)]. La formation d'un tel composé peut être la cause d'une diminution de l'inhibition, voire d'une excitation de la corrosion (7).

Nous avons pu mettre cet effet secondaire en évidence par la mesure du potentiel de dissolution du fer Armco dans une solution de chlorure de sodium à la concentration de 3 %. Ce potentiel, qui varie de — 560 à — 400 mV/e. c. s. par addition de 100.10^{-6} d'acide thioglycolique à pH 1, garde au contraire une valeur constante, à pH 6, lorsqu'on ajoute à la solution la même quantité d'inhibiteur.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) GATOS, *Nature*, 181, n° 4615, avril 1958, p. 1060.

(2) DE C. P., *Nature*, 180, n° 4590, 1960, p. 803.

(3) ANTROPOV, *Congrès international de la Corrosion métallique*, Londres, avril 1961.

(4) S. JEANNIN, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 376.

(5) C. DUVAL, *Traité de Microanalyse minérale*, III, Presses sc. intern., Paris, 1956.

(6) E. LYONS, *J. Amer. Chem. Soc.*, 49, 1927, p. 1917.

(7) M. CAPPELAERE, S. JEANNIN et G. MONTEL, *C. R. du Symposium européen sur les inhibiteurs de corrosion*, Ferrare, 1960.

(*École Nationale Supérieure de Chimie de Paris.*)

COUCHES MINCES. — *Effet Hall des couches minces de bismuth.* Note de MM. **Antoine Colombani** et **Pierre Huet**, présentée par M. Gustave Ribaud.

Rappelons que la théorie de Jones (1) pour le bismuth massif conduit à un coefficient de Hall R_H indépendant de l'induction B dans le cas de bismuth rigoureusement pur et à un coefficient R_H de la forme $(a + bB^2)/(c + dB^2)$ dans le cas où des traces d'impuretés s'intègrent au réseau cristallin du bismuth.

Jones signale que cette influence de traces d'impuretés sur la fonction R_H (B) est particulièrement sensible dans le cas du bismuth. Il suffit de traces infiniment faibles d'impuretés pour détruire l'indépendance de R_H avec B. Cette sensibilité particulièrement grande aux impuretés serait due à l'existence, dans le cas du bismuth, d'une zone de Brillouin presque complètement saturée, de telle sorte qu'une toute petite variation du nombre des électrons de valence entraîne une perturbation importante.

Les hypothèses émises par Jones ont été vérifiées par les travaux expérimentaux de N. Thompson (2). Ce dernier constata que l'adjonction de traces de plomb ou de sélénium à du bismuth très pur modifiait considérablement l'effet Hall.

L'influence de l'adjonction de traces d'étain fut également étudiée par B. Abeles et S. Meiboom (3).

Nous avons publié récemment [(4), (5)] les résultats de nos études concernant les évolutions thermiques de l'effet Hall des lames minces de bismuth. Le bismuth que nous avons utilisé était spectroscopiquement pur (99,996 %). Les dépôts obtenus ne paraissent pas avoir été souillés au cours de l'évaporation puisque le coefficient de Hall obtenu sur les lames non recuites est indépendant de l'induction et indépendant de l'épaisseur des dépôts. Les irreproductibilités de 20 % que nous avons signalées nous paraissent dues à l'influence de la grosseur, de la distance et de l'orientation des microcristallites obtenues et non à celle d'impuretés puisque le coefficient de Hall est toujours rigoureusement indépendant de l'induction.

Après recuit au-delà du point de fusion et retour à la température ambiante, nous avons montré que le coefficient de Hall R_H était une fonction de l'induction B de la forme $R_H = R_0 + RB$, R_0 et R étant des fonctions de la température et de l'épaisseur des dépôts.

Nous avons alors été amenés à supposer que la présence d'impuretés était apparue après recuit.

Cette hypothèse est largement mise en défaut par les arguments suivants :

— la loi de variation $R_H = R_0 + RB$ est différente de la loi

$$R_H = \frac{a + bB^2}{c + dB^2}$$

prévue par la théorie dans le cas où des traces d'impuretés sont introduites;

— le coefficient R_H varie dans de larges mesures avec l'épaisseur des dépôts ([6]);

— lorsque l'épaisseur augmente, l'influence de l'induction sur le coefficient R_H diminue jusqu'à s'annuler; R_H tend asymptotiquement, quelle que soit la valeur de l'induction, vers une valeur de l'ordre de $-0{,}5.10^{-7}$ m³/Cb ([6]). Il est à remarquer que cette valeur limite est voisine de la valeur constante trouvée avant recuit.

Le phénomène est donc entièrement nouveau et c'est avant tout *un phénomène de couche mince* puisque les résultats obtenus paraissent beaucoup plus liés à l'épaisseur des dépôts qu'à la présence d'impuretés comme on aurait pu le supposer.

Avant recuit, le dépôt est comparable à une poudre, l'effet Hall observé est un effet moyen, et bien qu'il soit de même signe que celui du bismuth massif, il est cependant environ huit fois plus faible.

Après recuit, fusion et refroidissement, les microcristallites initiales se sont soudées, le dépôt n'est plus comparable à une poudre mais à une lame pour laquelle les surfaces vont jouer un grand rôle.

La diffusion ou l'accumulation des porteurs sur les surfaces, diffusion ou accumulation variables avec la nature des porteurs, peut alors détruire la condition d'égalité des densités d'électrons et de trous même dans le cas de bismuth très pur.

Cet effet de surface, s'il est relativement prépondérant pour des épaisseurs de l'ordre de grandeur du libre parcours moyen est évidemment de plus en plus secondaire lorsque l'épaisseur augmente. C'est bien ce que montrent les figures 4 et 8 de la publication ([5]);

— R_0 et R sont maximaux vers 1000 Å;

— R_H tend asymptotiquement vers une valeur constante lorsque l'épaisseur augmente.

Pour les fortes épaisseurs nos résultats tendent alors asymptotiquement vers ceux qui ont été calculés et observés sur le cristal de bismuth.

En particulier, à partir du coefficient de Hall négatif que nous retrouvons pour les couches épaisses, nous avons déterminé le nombre efficace d'électrons libres par atome dans le cas où le champ magnétique est perpendiculaire à la surface des dépôts.

Nous avons trouvé $0{,}3.10^{-2}$ électron libre par atome. Rappelons qu'une étude au diffractographe nous a montré une orientation de l'axe principal des cristallites de nos dépôts perpendiculairement au support.

N. F. Mott [7] signale 10^{-4} électron libre par atome de bismuth dans le cas où le champ magnétique est perpendiculaire à l'axe principal et 10^{-2} lorsque le champ est parallèle à cet axe. Le coefficient de Hall qui est inversement proportionnel à ce nombre est donc minimal dans le cas d'orientation de nos dépôts.

La valeur $0,3.10^{-2}$ que nous a donné l'expérience, inférieure à la valeur théorique 10^{-2} semble montrer que l'orientation préférentielle des axes principaux perpendiculairement aux surfaces des dépôts n'est pas absolument rigoureuse, certains axes peuvent être légèrement distincts de la normale aux surfaces.

Néanmoins cette orientation préférentielle de nos dépôts est suffisamment marquée pour que le coefficient de Hall soit inférieur à celui correspondant au bismuth polycristallin massif, sans orientation privilégiée, pour lequel le coefficient de Hall résulte d'un effet moyen intermédiaire aux cas $n = 10^{-4}$ et $n = 10^{-2}$.

(1) H. Jones, *Proc. Roy. Soc.*, 155 A, 1936, p. 653.
(2) N. Thompson, *Proc. Roy. Soc.*, 164 A, 1938, p. 24.
(3) B. Abeles et S. Meiboom, *Phys. Rev.*, 101, 1956, p. 544.
(4) A. Colombani et P. Huet, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1988.
(5) A. Colombani et P. Huet, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2566.
(6) Figure 4, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2567.
(7) N. F. Mott, *The theory of the properties of metals and alloys*, Oxford University Press, 1959.

(*Laboratoire des Couches minces, Faculté des Sciences, Rouen-Saint Aignan.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Diffusion du soufre dans le fer.*
Note (*) de M. **Georges Seibel**, présentée par M. Georges Chaudron.

La diffusion du soufre dans du fer purifié (pureté : 99,97 %) a été étudiée entre 880 et 1 450°C, au moyen de couples soudés, constitués d'échantillons polycristallins de fer et d'alliage fer-soufre, marqué au ^{35}S. On a mesuré le coefficient de diffusion en volume dans le fer γ entre 1 200 et 1 350°C; il peut être représenté par la relation $D_{S}^{\gamma} = 2,42 \exp(-53\,400/RT)$. Dans le fer α ou δ on a trouvé de même $D_{S}^{\alpha-\delta} = 1,35 \exp(-48\,400/RT)$. La diffusion intergranulaire préférentielle se manifeste dans le fer γ au-dessous de 1 200°C, et dans le fer α au-dessous de 907°C.

A part quelques déterminations effectuées il y a plus de 25 ans ([1]), aucune mesure précise du coefficient de diffusion du soufre dans le fer γ n'a été effectuée. Une étude qualitative ([2]) a suggéré que ces premières mesures étaient erronées par défaut. Par contre, une étude récente ([3]) a permis de déterminer le coefficient de diffusion en volume du soufre dans le fer pur et dans un alliage de fer à 3,25 % de silicium, tous deux à l'état α.

Le phénomène de diffusion a été étudié de deux façons différentes sur des couples soudés, constitués d'échantillons polycristallins de fer et d'alliage fer-soufre, soumis à des recuits isothermes de diffusion :

1. Diffusion du soufre dans la zone de la soudure du couple.

2. Évaporation superficielle du soufre de la partie fer-soufre du couple. La cinétique du phénomène est commandée par la diffusion du soufre vers la surface de l'échantillon si l'atmosphère du four de traitement n'est pas oxydante ([4]).

La méthode de mesure est basée sur l'utilisation comme traceur de l'isotope radioactif du soufre ^{35}S.

On a utilisé un fer de pureté 99,97 % et deux alliages fer-soufre marqué au ^{35}S, l'un à 60.10^{-6}, l'autre à 45.10^{-6} de soufre, élaborés dans les mêmes conditions que le fer purifié.

Le soudage des couples cylindriques (diamètre des échantillons : 15 mm) est réalisé par frittage sous pression en atmosphère d'hydrogène (2 h à 600°C). Le plan de soudure est repéré par des fils de sillimanite de 8 à 15 μ de diamètre, placés à la périphérie de l'interface.

Le recuit de diffusion est effectué sous atmosphère d'argon purifié à diverses températures échelonnées entre 880 et 1450°C. Après le recuit de diffusion, on fait apparaître, par un polissage électrolytique de la surface cylindrique des couples, l'extrémité des fils de repérage de la soudure. Au moyen d'une pince à rotule, on peut alors aligner l'axe de révolution du couple, perpendiculairement au plan de la soudure, et usiner le couple suivant un cylindre de 9 mm de diamètre.

Pour tracer la courbe de concentration en soufre en fonction de la distance à l'extrémité plane (diffusion par suite de l'évaporation) ou au plan de

soudure (diffusion de part et d'autre de l'interface) on utilise la méthode de Gruzin ([5]), qui consiste à mesurer l'activité superficielle de sections

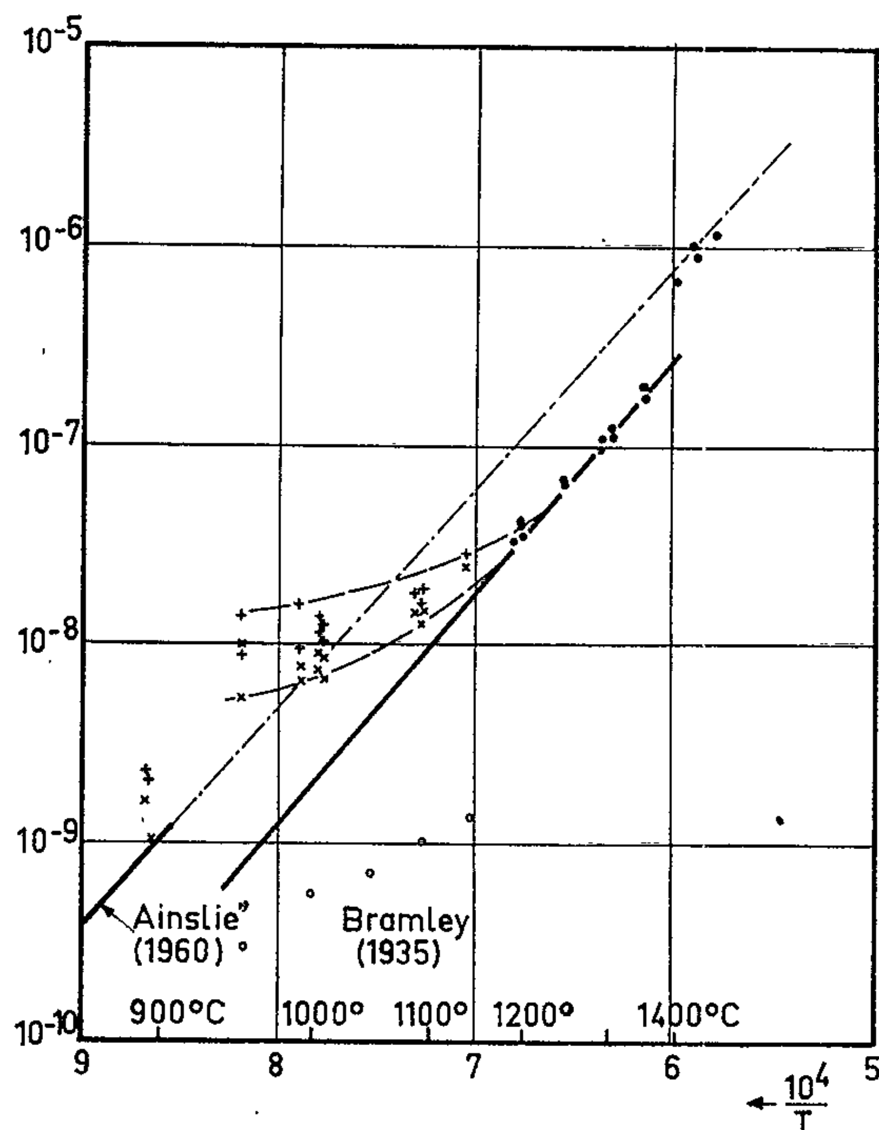


Fig. 1.

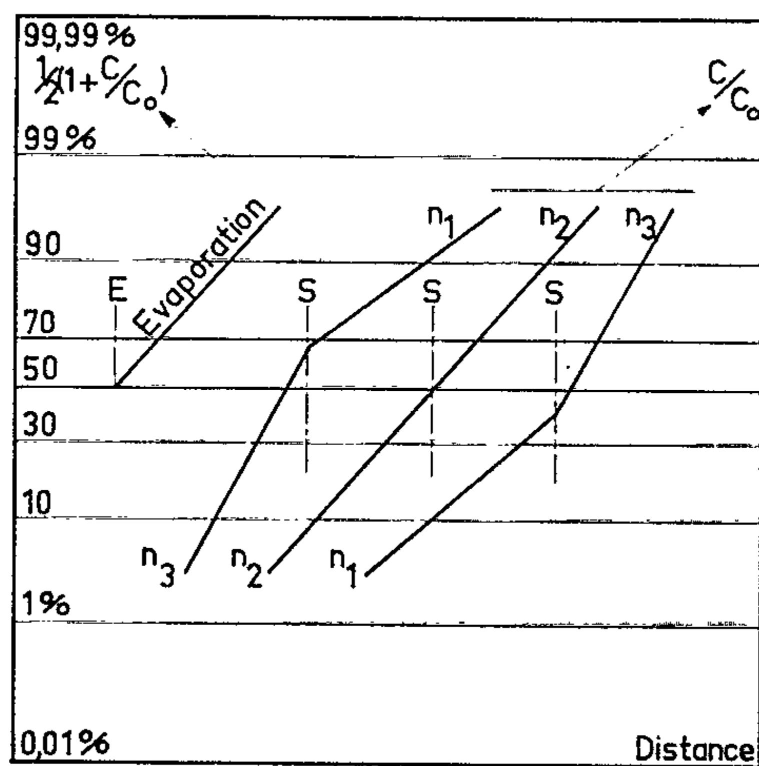


Fig. 3.

Fig. 1. — Variation du coefficient de diffusion du soufre dans le fer (en coordonnées logarithmiques, cm²/s), en fonction de l'inverse de la température absolue.

● Diffusion en volume.

Diffusion intergranulaire préférentielle :

× nombre de grains élevé;

+ nombre de grains faible.

Fig. 3. — Forme des courbes de diffusion du soufre dans le fer, en présence d'une diffusion intergranulaire préférentielle (température inférieure à 1 200°C). S, plan de soudure des couples; n, nombre de grains par unité d'aire (avec $n_1 > n_2 > n_3$); E. surface plane d'évaporation de ^{35}S.

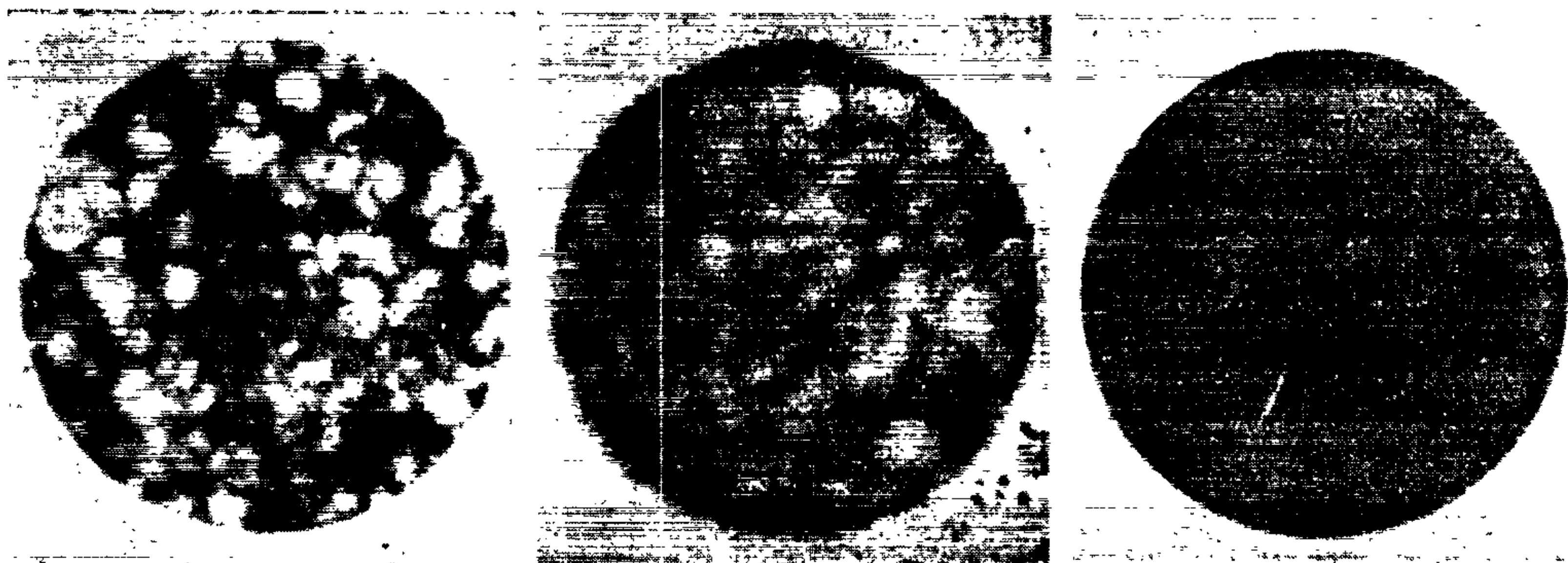


Fig. 2.

Fig. 2. — Autoradiographie de sections planes des couples de diffusion, parallèles au plan de soudure ($0{,}01 < C/C_0 < 0{,}02$.)

successives du couple, parallèles au plan de soudure. Comme le soufre 35 est un émetteur de rayonnement β très mou, on peut admettre que l'activité superficielle est proportionnelle à la concentration en soufre de la section considérée. Pour la même raison, il est possible d'utiliser l'autoradiographie quantitative (6); en opérant, avant le sectionnement, sur la surface latérale cylindrique des mêmes échantillons, on peut ainsi contrôler les résultats de la méthode de Gruzin.

Enfin, on a examiné, par des autoradiographies des sections successives, l'aspect du front de diffusion, et par micrographie la taille du grain γ ou δ révélé par attaque thermique à la surface des échantillons.

Les résultats obtenus sont les suivants (*fig.* 1) :

1° Le coefficient de diffusion en volume du soufre dans le fer γ peut être représenté par la relation

$$D_S^{\gamma} = 2,42 \exp\left(-\frac{53\,400}{RT}\right).$$

Ce coefficient D_S^{γ} est applicable à un échantillon polycristallin aux températures supérieures à 1200°C, où la diffusion intergranulaire préférentielle ne se manifeste pas.

2° Il se produit une diffusion intergranulaire préférentielle au-dessous de 1200°C dans le fer γ, et au-dessous de 907°C dans le fer α. Elle est mise en évidence par autoradiographie (*fig.* 2), mais elle se manifeste aussi sur la forme des courbes de diffusion des couples soudés, si la taille des grains des deux éléments du couple est différente : En coordonnées gaussoarithmétiques (*fig.* 3), la courbe de diffusion présente une brusque variation de pente au voisinage du plan de soudure, et en ce point la concentration en soufre n'est pas égale à la moitié de la concentration initiale de l'alliage fer-soufre. Par contre, la diffusion intergranulaire préférentielle ne se manifeste pas sur la forme des courbes d'évaporation du soufre.

3° Les essais de diffusion dans le fer δ ont montré que la diffusion a lieu en volume. Les coefficients de diffusion mesurée au cours de ces essais se placent un peu au-dessous de la droite, tracée par Ainslie et coll. (3) pour des monocristaux de fer α et extrapolés au domaine δ. Tenant compte des six points expérimentaux d'Ainslie dans le domaine α, on aboutit à la relation

$$D_S^{\alpha-\delta} = 1,35 \exp\left(-\frac{48\,400}{RT}\right).$$

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) A. Bramley, F. W. Haywood, A. T. Cooper et J. T. Watts, *Trans. Faraday Soc.*, 31, 1935, p. 707.

(2) A. Kohn, *Rev. Mét.*, 55, 1958, p. 265.

(3) N. G. Ainslie et A. U. Seybolt, *J. I. S. I.*, 194, 1960, p. 341.

(4) C. de Beaulieu et M. Cagnet, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 539.

(5) P. L. Gruzin, *Dokl. Akad. Nauk. S. S. S. R.*, 86, 1952, p. 289.

(6) G. Seibel, *Sc. Indust. Phot.*, 32, 1961, p. 65.

(*Institut de Recherches de la Sidérurgie, Saint-Germain-en-Laye.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Détermination par dilatométrie isotherme des courbes de début et de fin de transformation d'alliages uranium-chrome trempés depuis le domaine β.* Note (*) de MM. **Michel Degois** et **René Faivre**, présentée par M. Georges Chaudron.

Les auteurs ont utilisé un dilatomètre de revenu de faible inertie pour déterminer les courbes TTT d'alliages uranium-chrome à 0,37, 0,6, 2 et 4 atomes % de chrome par la méthode de trempe suivie de revenu isotherme. Ils comparent leurs résultats à ceux que White (1) a obtenus au cours d'expériences de trempe étagée.

Les échantillons sont des tiges cylindriques de 4 mm de diamètre et de 30 mm de longueur. Nous les chauffons à 720°C en atmosphère d'argon Nertal; puis, après un séjour de 30 mn à cette température, nous les trempons à l'eau. L'examen micrographique et l'analyse radiocristallographique montrent que, dans ces conditions, la phase β est entièrement conservée.

L'éprouvette dilatométrique est montée sur la plaque de silice formant plate-forme d'un dilatomètre de revenu que nous avons construit (2) en nous inspirant du dilatomètre de trempe déjà décrit par R. Bigot et J. Delaplace (3). Elle est ensuite portée en moins de 5 s à la température d'expérience par contact direct avec un bain de métal fondu. Ce bain est contenu dans le creuset d'un four électrique à alimentation stabilisée dont la température est maintenue constante à ± 1°C près. Un mouvement vertical, dirigé de bas en haut, permet de l'amener en moins de 1 s autour de l'éprouvette.

La dilatation de l'échantillon est transmise par une tige de silice au palpeur d'un capteur électromagnétique de déplacement lié, par l'intermédiaire d'un pont d'alimentation et de détection, à un enregistreur galvanométrique à suiveur de spot. Le temps *td* de début de transformation et le temps $tf\theta_f$ de fin de transformation apparaissent nettement sur la courbe enregistrée.

Les figure 1 représentent les courbes TTT obtenues pour les quatre alliages étudiés. On voit que les alliages à 0,37 et 0,60 atomes % de chrome dont la teneur en chrome est inférieure à la limite de solubilité de cet élément en phase β se transforment pratiquement entre 20 et 300°C alors que les alliages renfermant du chrome non dissous en phase β se transforment entre 400 et 600°C. L'examen micrographique et l'analyse radiocristallographique révèlent que, dans le premier cas, la transformation se déroule selon un processus du type bainitique et, dans le second, suivant un mécanisme classique de germination et croissance.

La comparaison des figures 1 *a* et 1 *b* montre, qu'à l'état dissous, le chrome stabilise d'autant mieux la phase β que sa teneur est plus élevée. Le chrome hors solution, très dispersé dans la matrice, accélère au contraire

la transformation $\beta \rightarrow \alpha$ (*fig.* 1 *c* et 1 *d*). Nous pensons qu'il s'agit d'un effet de germe.

Les figures 1 *b* et 1 *d* permettent de comparer les résultats de nos expériences de trempe et revenu à ceux que White (1) a obtenus par trempe étagée. A une même température et pour une même durée de séjour, le procédé de trempe et revenu conduit à un plus grand degré d'avancement de la transformation. Cet effet que Collot (4) a mis en évidence dans le cas des alliages uranium-molybdène est d'autant plus important que la température est plus élevée. On peut l'attribuer soit à la formation de germes pendant la traversée de la zone critique de transformation, soit à la création de tensions au cours de la trempe.

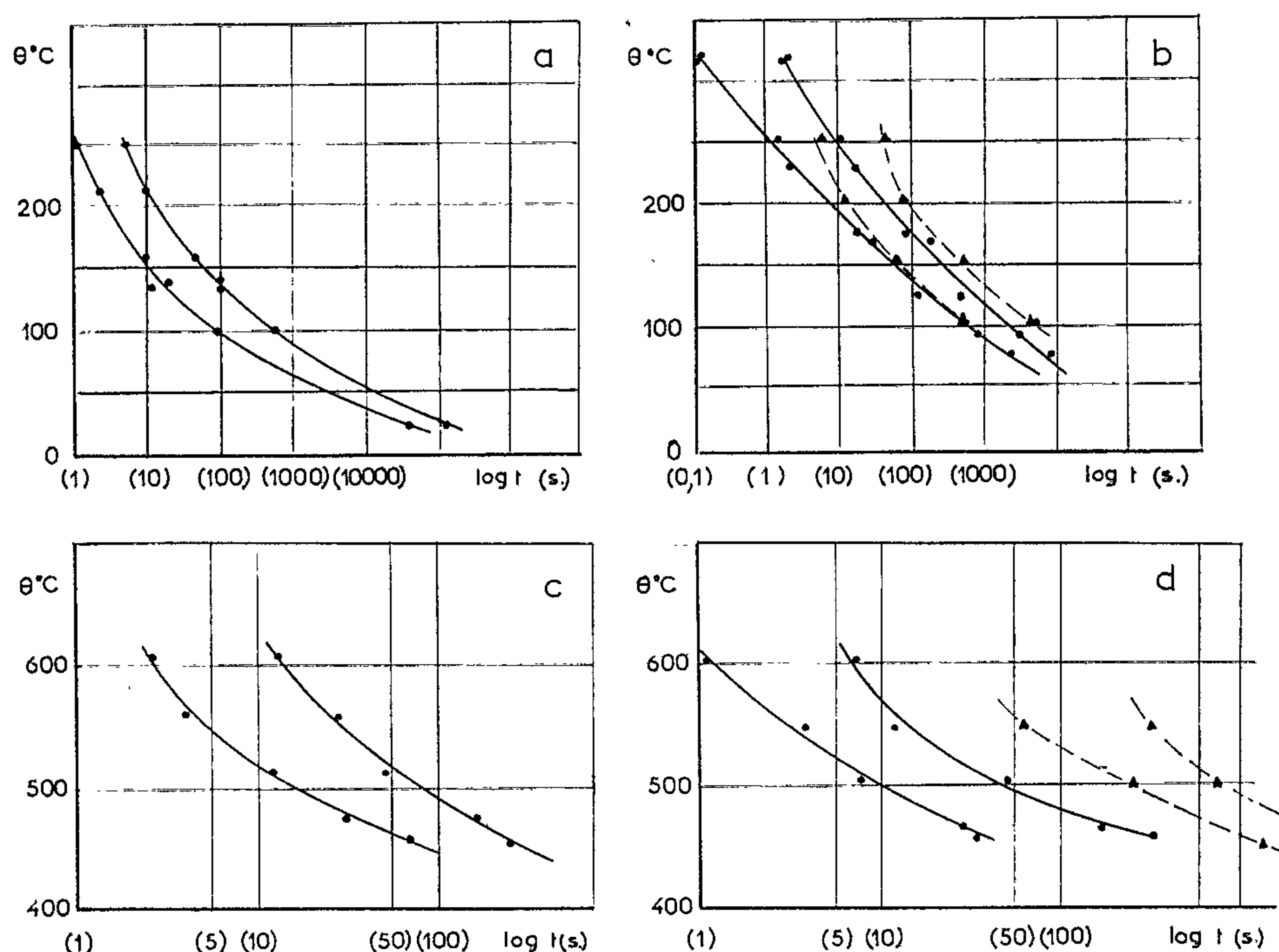


Fig. 1. — Courbes transformation-température-temps (TTT) d'alliages uranium-chrome de teneurs respectives : *a* : 0,37 at. Cr %; *b* : 0,60 at. Cr %; *c* : 2 at. Cr %; *d* : 4 at. Cr %. —●—●— présente étude; --▲---▲-- étude de White (1). Ordonnées : températures θ °C; abscisses : $\log_{10}$ (temps).

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) D. H. White, *J. Metals*, 7, n° 11, 1955, p. 1221.

(2) M. Degois, *Thèses*, Nancy, juin 1962, p. 7.

(3) R. Bigot, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, n° 10, 1959, p. 1446 et *Thèses*, Nancy, juin 1962, p. 19; J. Delaplace et R. Bigot, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 4157; J. Delaplace, *Thèses*, Nancy, septembre 1959 et *Rapport C. E. A.*, n° 1 399, p. 14.

(4) C. Collot, *Thèses*, Nancy, septembre 1962.

(*Laboratoire de Physique de l'état métallique, Faculté des Sciences et E. N. S. M. I. M., Nancy et Département de Métallurgie du C. E. A., Saclay.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Déplacement discontinu des frontières de gros cristaux par recuit prolongé.* Note (*) de MM. **Henri-Jean Latière** et **Roger Michaud**, transmise par M. Louis Néel.

On sait ([1]) que les frontières des cristaux d'une éprouvette d'aluminium présentent une température de fusion légèrement inférieure à celle de la masse des cristaux.

Il doit donc être possible, en effectuant le recuit prolongé d'une éprouvette à gros cristaux au voisinage du point de fusion de matérialiser les frontières en raison de la petite dénivellation inévitable produite au ramollissement de ces frontières; on doit pouvoir ainsi se rendre compte à la fin du recuit, de l'évolution éventuelle des frontières, en raison de leur tendance au fluage ([2]), sans avoir été obligé de sortir l'éprouvette périodiquement du four et de faire une attaque de mise en évidence des frontières.

L'essai de cette méthode a porté sur une éprouvette d'aluminium de pureté 99,99 %, ayant 1 mm d'épaisseur, formée de quelques gros cristaux grâce à un recuit de 2 h à 550°C, suivi d'un allongement de 2 % et d'un recuit continu à température maintenue bien constante et très légèrement inférieure au point de fusion, pendant 100 h.

On constate effectivement sur l'éprouvette sortie du four que les frontières laissent des traces de leurs positions successives pendant la durée

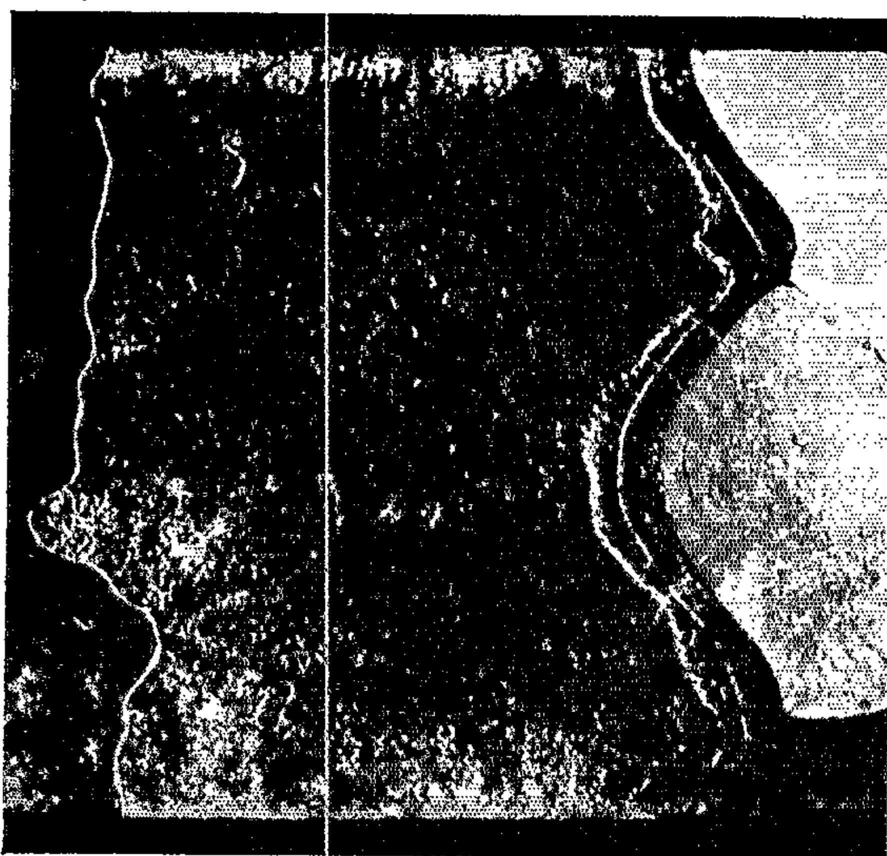


Fig. 1. — Photographie de l'éprouvette montrant les trois positions du joint A_1, A_2, A_3. Cette photographie a été prise après refroidissement et attaque. Le recuit de l'éprouvette a eu lieu sans interruption pendant 100 h à une température très stable et très proche du point de fusion (G × 2).

du recuit : la figure 1 en montre un exemple, après attaque unique au réactif de Lacombe et Beaujard qui n'altère pas le contour créé par la fusion des frontières.

Il y a lieu d'observer que, contrairement au cas généralement admis, la frontière en fusion s'est déplacée au cours du recuit. Elle a occupé successivement les positions *discrètes* A_1, A_2, A_3 (*fig.* 2). Son déplacement a eu donc lieu de façon discontinue; il a produit comme on pouvait le prévoir (³) une uniformisation du contour et un raccourcissement et s'est fait en direction du centre de courbure.

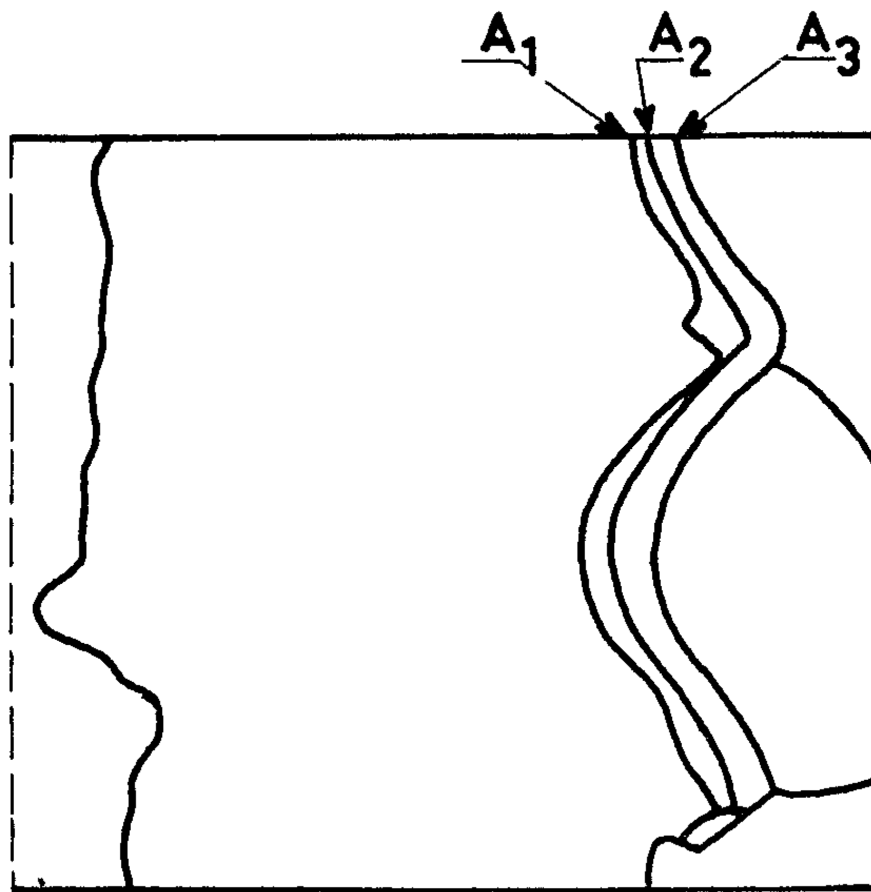


Fig. 2. — Calque des trois positions du joint, A_1, A_2, A_3 (G × 2).

Ce caractère discontinu du déplacement de la frontière dans l'absorption thermique d'un cristal par un cristal voisin peut être rapproché du caractère discontinu de la déformation plastique donnant lieu à des lignes de glissement également discrètes.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(¹) G. Chaudron, P. Lacombe et N. Yanna Quis, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1372.

(²) W. I. Pumphrey et J. V. Lyons, *J. Inst. Metals*, 82, part. 1, septembre 1953, p. 33.

(³) C. Crussard, *Met. Cor. Ind.*, n° 330, février 1953, p. 47-68.

PHYSICOCHIMIE MACROMOLÉCULAIRE. — *Analogies structurales entre les polymères semi-cristallins et les copolymères séquencés polystyrolène-polyoxyéthylène*. Note (*) de M. **Antoine Skoulios**, présentée par M. Georges Champetier.

On a essayé de montrer la similitude qui existe entre la structure des copolymères séquencés polystyrolène-polyoxyéthylène et celle des polymères semi-cristallins. En s'inspirant de travaux antérieurs sur les copolymères séquencés on a calculé certains paramètres structuraux nouveaux des polymères semi-cristallins.

Les monocristaux qu'on obtient par précipitation de polymères cristallisables à partir de leurs solutions se présentent sous forme de lamelles d'une centaine d'angströms d'épaisseur. Les chaînes macromoléculaires y sont dirigées perpendiculairement au plan des lamelles et sont repliées plusieurs fois sur elles-mêmes ([1]). Les échantillons de polymères cristallisables solidifiés après fusion sont partiellement cristallisés; ils fournissent des diagrammes de diffraction des rayons X aux petits angles qui indiquent une structure lamellaire à l'échelle des 100-1000 Å ([2]). On pense qu'ils résultent de la superposition alternée et « pseudo-régulière » de couches de polymère cristallin et de polymère amorphe.

Dans un récent travail ([3]), nous avons déterminé la structure des gels de copolymères séquencés polystyrolène-polyoxyéthylène gonflés par un solvant qui dissout bien le polystyrolène et qui précipite le polyoxyéthylène. Ces gels rappellent à bien des égards les polymères semi-cristallins. Leurs textures biréfringentes observées au microscope polarisant, sont sphérulitiques comme celles d'un polyéthylène de taux de cristallinité élevé. En outre, leur structure, déterminée par diffraction des rayons X, correspond à l'empilement périodique et régulier de feuillets formés par les séquences cristallisées de polyoxyéthylène; les feuillets sont séparés par des couches de séquences amorphes de polystyrolène mélangées avec le solvant. L'épaisseur des couches cristallines, de l'ordre de 100 Å, étant bien plus petite que la longueur des séquences polyoxyéthylène, celles-ci doivent comme dans le cas du polyéthylène, être repliées plusieurs fois sur elles-mêmes.

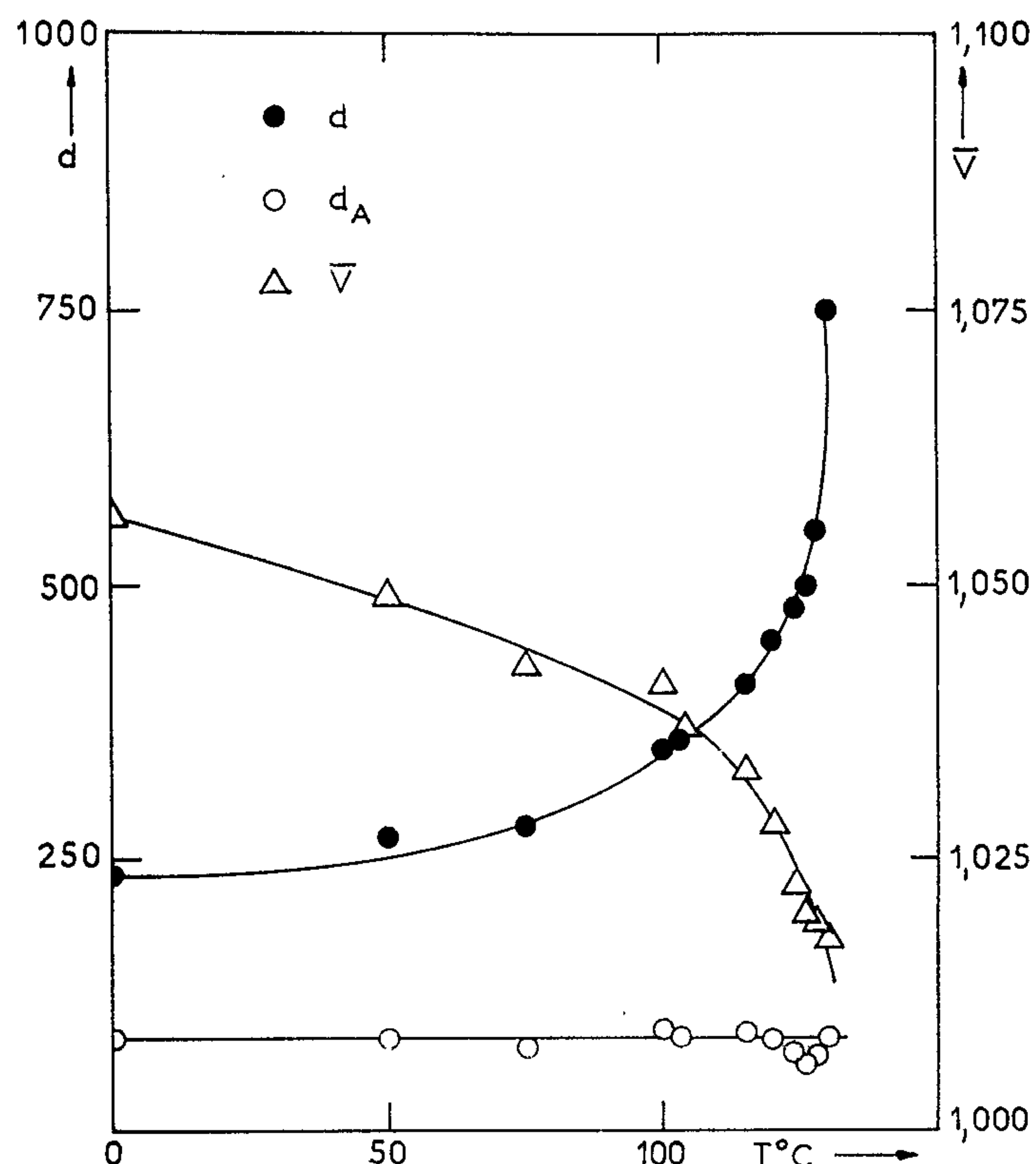
L'analogie qui existe entre les gels de copolymères séquencés polystyrolène-polyoxyéthylène et les polymères semi-cristallins est donc frappante.

Dans le cas des copolymères séquencés, la connaissance de la teneur en solvant des gels et des espacements de Bragg des raies de diffraction nous a permis ([3]) de calculer les épaisseurs respectives des couches polyoxyéthylène et des couches polystyrolène gonflé par le solvant. Nous avons essayé d'appliquer ce procédé de calcul aux polymères semi-cristallins en assimilant ceux-ci à des copolymères séquencés fictifs, formés de la succession alternée de séquences « cristallines » et « amorphes » de masses moléculaires variables selon le taux de cristallinité du produit. En appe-

lant $\overline{V}$, $\overline{V}_C$ et $\overline{V}_A$ les volumes spécifiques respectifs du polymère semi-cristallin, de la fraction cristalline et de la fraction amorphe, et en désignant respectivement par d, d_C et d_A l'épaisseur totale des feuillets telle qu'elle est fournie par la diffraction des rayons X, l'épaisseur des couches cristallines et l'épaisseur des couches amorphes, il est aisé en effet de montrer que

$$d_C = d\frac{\overline{V}_C}{\overline{V}}\,\frac{\overline{V}-\overline{V}_A}{\overline{V}_C-\overline{V}_A},$$

$$d_A = d\frac{\overline{V}_A}{\overline{V}}\,\frac{\overline{V}_C-\overline{V}}{\overline{V}_C-\overline{V}_A}.$$



Variation du volume spécifique $\overline{V}$ ([2]), de l'épaisseur totale d des feuillets ([2]) et de l'épaisseur d_A des couches amorphes du polyéthylène Marlex 50 avec la température de cristallisation.

A titre d'exemple, nous avons effectué ce calcul pour un polyéthylène du type Marlex 50 dont le volume spécifique et l'épaisseur totale des feuillets à 25°C avaient déjà été déterminés par Mandelkern et ses collaborateurs ([2]). Ces auteurs faisaient varier le taux de cristallinité en trempant les échantillons, préalablement fondus, à des températures variables comprises entre 0 et 130°C.

Nous avons utilisé pour les volumes spécifiques des fractions cristallines et amorphes les valeurs préconisées par ces auteurs :

$$\overline{V}_C = 1{,}000\ \text{cm}^3.\text{g}^{-1} \qquad \text{et} \qquad \overline{V}_A = 1{,}174\ \text{cm}^3.\text{g}^{-1},$$

Nous avons porté nos résultats sur la figure, dans laquelle nous avons représenté en particulier l'épaisseur de la couche amorphe en fonction de la température à laquelle le polymère a été cristallisé. On constate que cette épaisseur d_A est constante : elle est égale à environ 80 Å.

Il est encore prématuré de tirer des conclusions définitives du présent travail, le but de cette Note étant essentiellement de faire ressortir la similitude formelle qui existe entre les copolymères séquencés polystyrolène-polyoxyéthylène et les polymères semi-cristallins : ces deux types de substances, en dépit de leurs constitutions chimiques différentes, font intervenir lors de leur « cristallisation » des processus similaires. Notons toutefois qu'en s'inspirant des travaux effectués sur les copolymères séquencés, il est possible d'aboutir à des résultats intéressants quant aux polymère semi-cristallins. Signalons à ce propos le résultat remarquable qu'est l'invariance vis-à-vis de la température de cristallisation de l'épaisseur des couches amorphes qui séparent les lamelles cristallines dans le polyéthylène Marlex 50. Si ce phénomène se confirme sur d'autres exemples, c'est qu'il joue sûrement un rôle important dans le mécanisme de la cristallisation des polymères semi-cristallins.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) A. Keller, *Phil. Mag.*, 2, 1957, p. 21.
(2) L. Mandelkern, A. S. Posner, A. F. Diorio et D. E. Roberts, *J. Appl. Phys.*, 32, 1961, p. 1509.
(3) A. E. Skoulios et G. Finaz, *J. Chim. Phys.*, 59, 1962, p. 473.

(*Centre de Recherches sur les Macromolécules*, 6, *rue Boussingault*, *Strasbourg*.)

CHIMIE ORGANIQUE. — *La réaction d'Hofmann sur les glycidamides.*
Note (*) de MM. **Nedumparambil A. Abraham** et **Narendra Hajela**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les glycidamides ne donnent pas les amines attendues par la réaction d'Hofmann. Elles donnent dans cette réaction des cétones ou un mélange de cétones et d'isonitriles. On postule une migration 1 : 4 pour expliquer la formation des isonitriles.

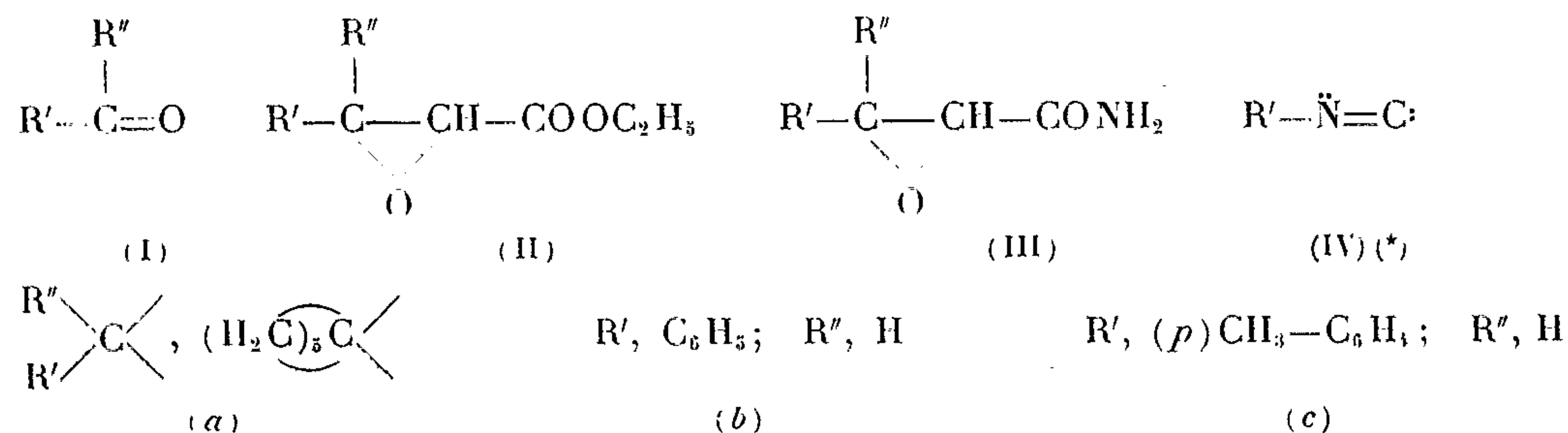
La littérature ne montre aucun exemple de la réaction d'Hofmann sur un glycidamide. Nous avons eu l'occasion de préparer quelques-uns de ces amides et d'étudier sur eux cette réaction.

Préparation des glycidamides (III) ([1]). — On prépare des esters glycidiques (II) par la condensation de Darzens ([2]) sur les composés cétoniques (I) correspondants. On laisse ces esters en contact avec l'ammoniaque en solution alcoolique. Après quelques heures et par évaporation de l'alcool les glycidamides cristallisent (III *a*, *b* et *c*).

Réaction d'Hofmann ([3]). — On ajoute 0,01 mole de glycidamide à une solution d'hypobromite de soude qu'on prépare à partir de 0,012 mole de brome et de 0,06 mole de soude dissous dans 20 ml d'eau. Le mélange réactionnel est chauffé pendant 30 mn à 60° sur un bain d'eau. On entraîne ensuite à la vapeur d'eau. Dans la partie entraînée, on identifie des composés cétoniques et des isonitriles.

Produits de la réaction. — A partir du β, β-pentaméthylène-glycidamide (III *a*), on n'a pu isoler comme produit de la réaction d'Hofmann que la cyclohexanone, identifiée par sa 2.4-dinitrophénylhydrazone et le spectre dans l'infrarouge. Le glycidamide III *b* donne par le même traitement deux produits : benzaldéhyde (I *b*) et isocyanure de phényle (IV *b*). On identifie le benzaldéhyde par sa 2.4-dinitrophénylhydrazone et l'isonitrile par son odeur et son spectre dans l'infrarouge ($\nu_{-C=N}$: 2 225 cm^{-1}) ([4]).

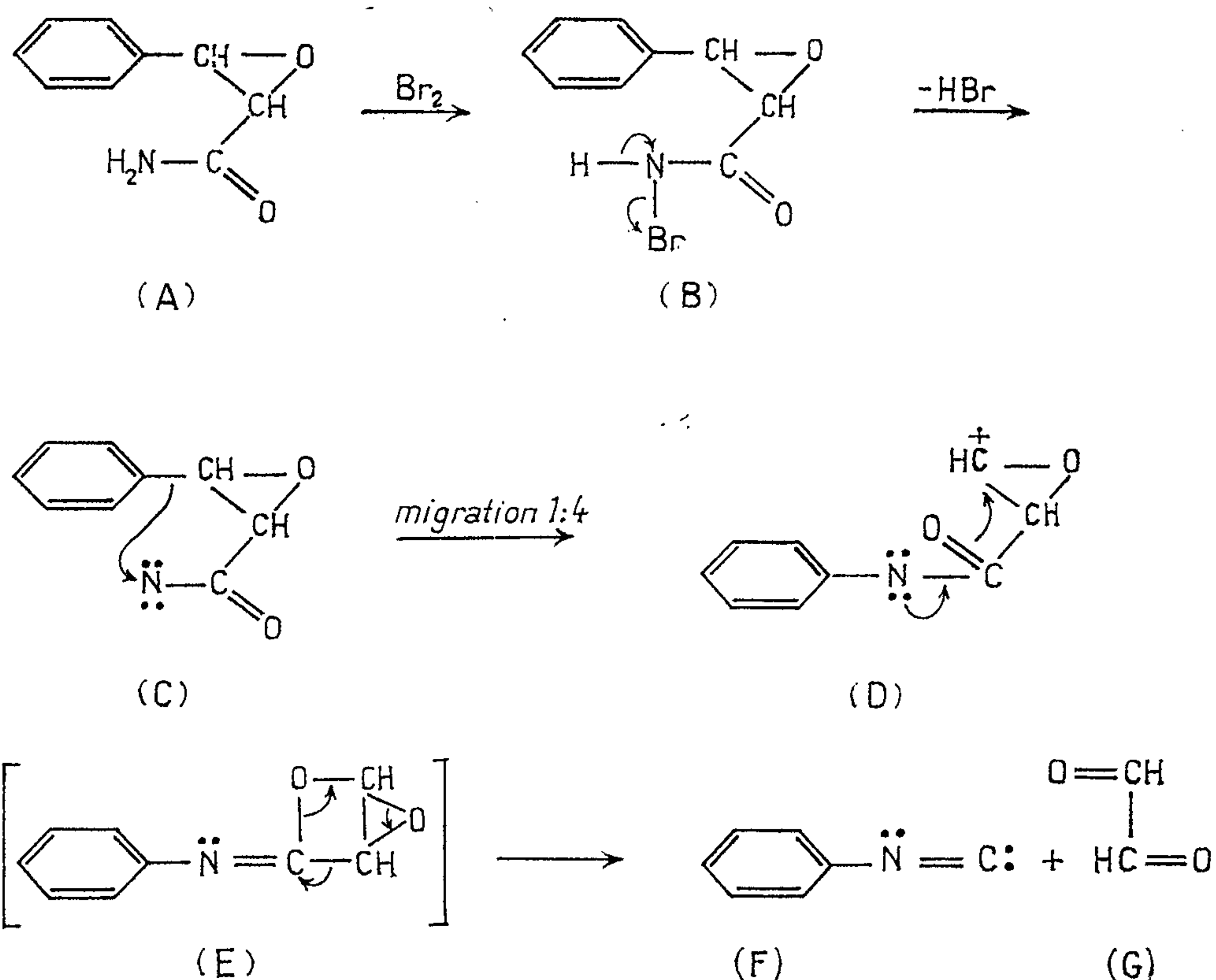
De la même façon, on identifie le *p*-toluyaldéhyde (I *c*) et l'isocyanure de *p*-toluyle (IV *c*) comme produits de la réaction d'Hofmann sur le glycidamide III *c*. Les deux isonitriles (IV *b* et IV *c*) sont convertis par l'acide chlorhydrique respectivement en aniline et *p*-toluidine, qui peuvent être diazotées ou transformées en dérivés benzoylés pour leur identification.



(*) Pour les formules (IV), le groupement R″ = H est éliminé lors de la formation d'isonitrile.

Dans le cas des glycidamides III *b* et III *c*, la partie non entraînable à la vapeur d'eau contient de l'acide glycolique, identifié par une réaction colorée [6] et par oxydation en acide oxalique au moyen de permanganate de potassium alcalin [6].

Mécanisme de la formation d'isonitrile. — C'est peut-être la première fois qu'on décrit la formation d'un isonitrile dans une réaction d'Hofmann, formation explicable par le mécanisme suivant : La réaction procède de manière classique [5], c'est-à-dire (A) → (B) → (C). A cette étape, une



migration 1 : 4 [au lieu de la migration 1 : 2 habituelle [5]] du groupe phényle vers l'azote électrophile conduit au carbonium (D). Cette migration est facilitée par le voisinage du groupe phényle et de l'atome d'azote dans un « quasi » cycle à cinq atomes (C). Ce carbonium se transforme en composé bicyclique (E) qui, à cause de sa structure forcée, se décompose en isonitrile (F) et glyoxal (G). L'argument en faveur de ce mécanisme est la mise en évidence de la formation du glyoxal dans la réaction d'Hofmann sur les glycidamides III *b* et III *c*; ceci résulte de l'identification, dans la partie non entraînable à la vapeur d'eau, d'acide glycolique, lequel doit se former à partir du glyoxal par une réaction de dismutation interne.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) *Cf.* V. F. Martynov et G. Olman, *J. Gen. Chem. U.S.S.R.*, 27, 1957, p. 1944-1952 et la suite des Mémoires.

(2) *Organic Reactions*, J. Wiley, New-York, V, 1947, p. 413.

(3) *Organic Reactions*, J. Wiley, New-York, III, 1947, p. 280.

(4) L. J. Bellamy, *The Infra-red Spectra of Complex Molecules*, Methuen, London, 1958, p. 265.

(5) E. S. Gould, *Mechanism and Structure in Organic Chemistry*, H. Holt, New-York, 1959, p. 621.

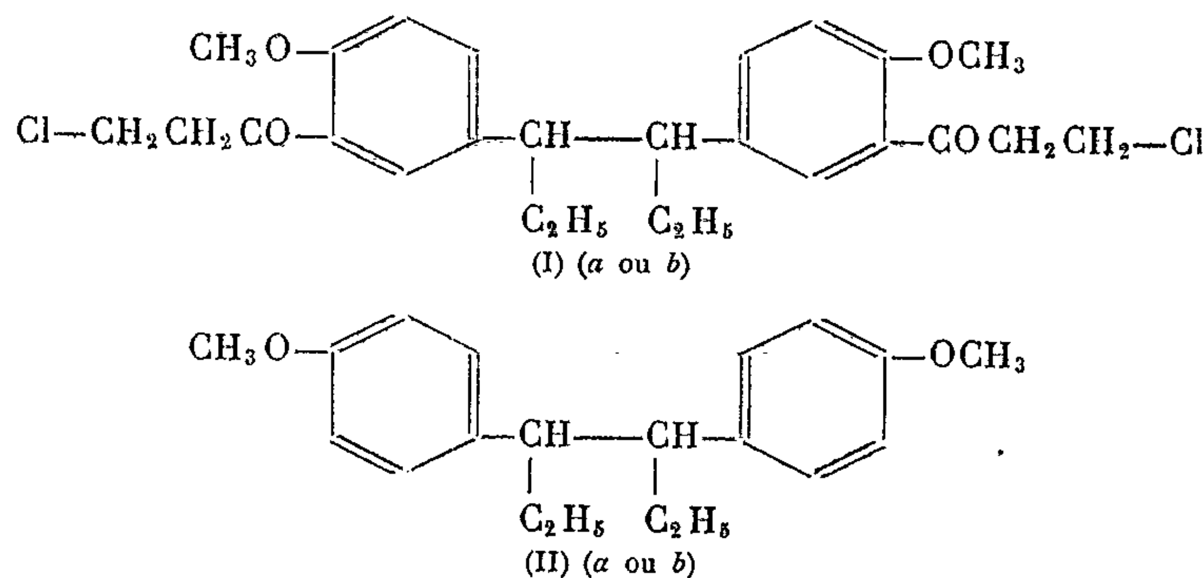
(6) H. Middleton, *Systematic qualitative organic Analysis*, Arnold, London, 1948, p. 73.

(*Laboratoire de Chimie, Université d'Aligarh, Inde.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Influence de la stéréoisomérie sur la réactivité chimique.* Note (*) de Mme **Raymonde Eche-Fialaire** et M. **Pierre Chabrier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Les auteurs comparent les réactivités chimiques de deux dicétones β-halogénées stéréoisomères, dérivant des deux formes méso et racémique du bis-(*p*-méthoxy-phényl)-3.4 hexane.

Dans une Note précédente [1], nous avons montré l'influence de la structure spatiale sur la réactivité des dicétones β-halogénées (I) obtenues par action du chlorure de β-chloropropionyle sur les bis-(*p*-méthoxy-phényl)-3.4 hexane stéréoisomères (II) — méso (*a*) et racémique (*b*) —. La cétone β-halogénée (I *a*), fondant à 146°, est issue de la forme méso, l'autre (I *b*), fondant à 128°, dérive de la forme racémique.



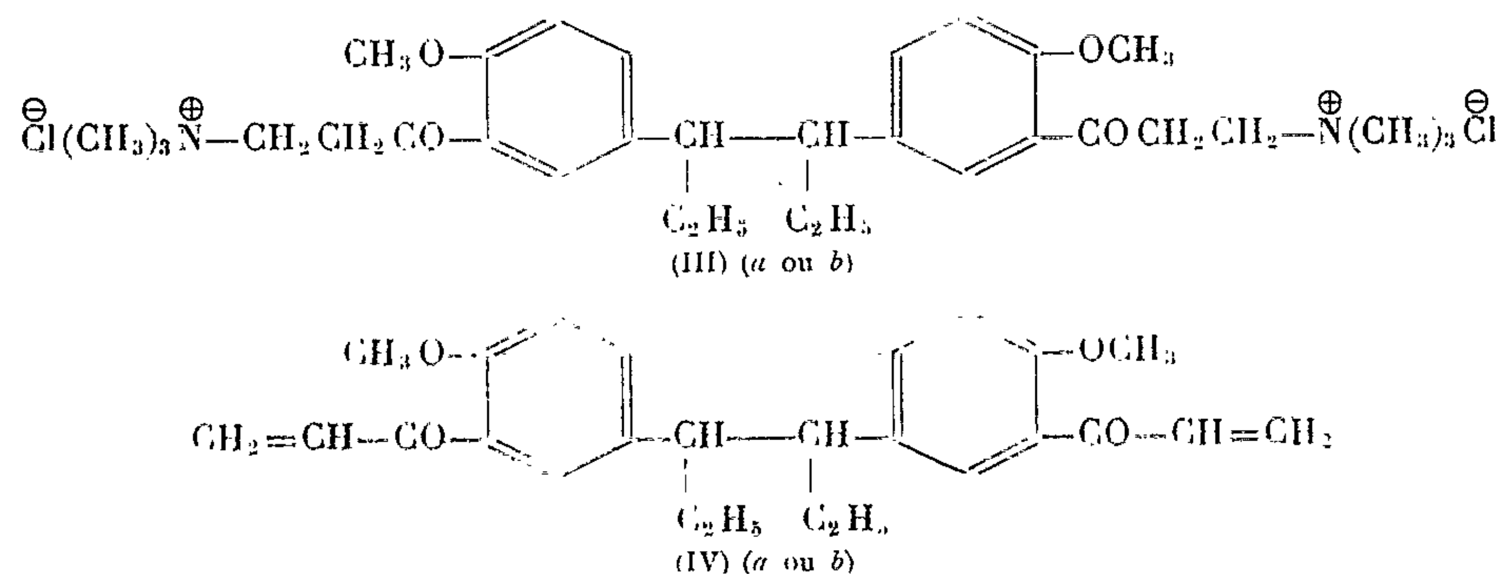
En effet, les deux stéréoisomères (*a* et *b*) réagissent différemment sur les alcools, la monochlorhydrine du glycol et l'acide thioglycolique, mais de façon identique sur les amines secondaires.

Dans cette Note, nous étudierons comparativement l'action de deux amines tertiaires (triméthylamine et diéthylaminoéthanol) sur les deux cétones β-halogénées stéréoisomères [(I *a*) et (I *b*)].

Triméthylamine. — Si l'on abandonne à la température ordinaire, dans les mêmes conditions de concentration, une solution acétonique de la cétone (I *a*) et de la cétone (I *b*) en présence d'un excès de triméthylamine, on constate, dans les deux cas, l'apparition d'un précipité blanc. Le dosage acidimétrique de la triméthylamine en excès (titrage par ClH N/10 en présence d'alizarine sulfonate de sodium) montre que, pour les deux stéréoisomères, la réaction est complète après 10 h environ.

Mais, alors que le précipité formé à partir de la cétone (I *a*) (forme méso) est constitué par le sel d'ammonium quaternaire [(III *a*), F 200°], le précipité recueilli à partir de la cétone (I *b*) (forme racémique) est du

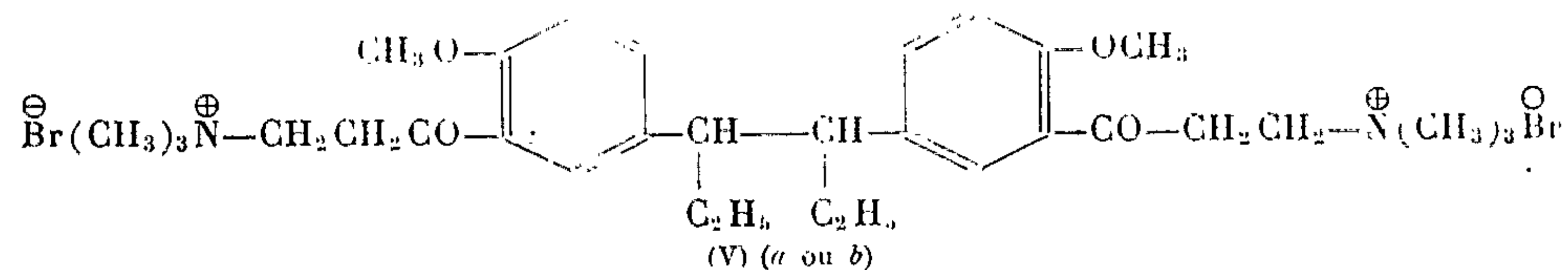
chlorhydrate de triméthylamine et l'on peut isoler facilement dans le filtrat, avec un rendement quantitatif, la vinylcétone [(IV *b*), F 90°].



La même réaction effectuée, non plus dans l'acétone, mais dans l'acétonitrile, conduit, dans les deux cas, aux sels d'ammonium quaternaires correspondants [(III *a*), F 200°; (III *b*), F 190°].

Diéthylaminoéthanol. — Si l'on utilise le diéthylaminoéthanol en milieu chloroformique à la place de la triméthylamine, on obtient, dans les deux cas, la vinylcétone [(IV *a*), F 134°; (IV *b*), F 93°].

Ces exemples nouveaux montrent l'influence de la structure sur la réactivité des dicétones β-halogénées [(I *a*) et (I *b*)] et, d'une façon plus générale, permettent d'expliquer les différences que nous avons déjà signalées dans les propriétés physiologiques des sels d'ammonium quaternaires [(V *a*) et (V *b*)], homologues de (III *a*) et (III *b*), mais obtenus par une autre méthode.



(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3064.

(*Institut de Pharmacologie, Faculté de Médecine, C. N. R. S., Paris.*)

MINÉRALOGIE. — *Sur la nature intime d'un minerai pulvérulent de nickel non encore décrit de la Nouvelle-Calédonie.* Note de M. **Jacques Avias**, présentée par M. Jean Wyart.

En 1947, à l'occasion du lever de la carte géologique de reconnaissance au 1/100 000 du grand massif minier du Sud, j'ai pu découvrir dans la carapace latéritique du massif péridotitique qui domine au Sud-Est l'embouchure de la Pourina, une passée lenticulaire vert d'eau dans la latérite, à quelques décimètres seulement au-dessus de la base de cette carapace, c'est-à-dire au-dessus de la péridotite altérée.

L'étude de la poudre recueillie (vert clair, teinte n° 330 du C. I. C.) a montré qu'on avait affaire à une matière de grain beaucoup plus fin que celui des minerais poudreux décrits jusqu'alors en Nouvelle-Calédonie et justifiant de l'emploi du microscope électronique. Des clichés pris en 1949 [1] et en 1955 [2] (ce dernier ayant été précédé d'une dispersion aux ultrasons) au grossissement 10 000 il résulte que la poudre est constituée de lamelles rectangulaires de longueur voisine de 3,5 μ de lamelles hexagonales rares dont la longueur du côté est voisine de 2,3 μ ainsi que de nombreux fragments de telles lamelles.

La nature antigoritique des lamelles rectangulaires (prépondérantes) et talqueuse des lamelles hexagonales a été confirmée par l'analyse thermique différentielle [3] qui a montré qu'on avait affaire à une courbe d'antigorite nickelifère typique, une très légère inflexion de la courbe vers 1035° devant correspondre à la présence de quelques lamelles de talc. L'analyse chimique (A. Behr, E.N.S.G., 1955) a confirmé ces résultats en montrant qu'on avait affaire à une antigorite nickelifère et cobaltifère de formule générale $(OH)_4$ (Mg, Ni Co)$_3$ Si_2O_5 associée à très peu de talc 4 %, la teneur en nickel étant de 7,78 % et celle du cobalt de 2,16 %.

(1) Dû à M. Marcel Locquin.
(2) Exécuté à l'Institut Français du Pétrole.
(3) Effectuée par Mlle S. Caillère.

(*Institut de Géologie, Faculté des Sciences, Montpellier.*)

CRISTALLOGRAPHIE. — *L'étude des structures par diffraction d'électrons polychromatiques.* Note (*) de M. **Georges Blet**, transmise par M. Louis Néel.

Pour étudier les structures cristallines par diffraction d'électrons, on utilise habituellement des électrons monochromatiques. L'emploi d'électrons polychromatiques fournit des renseignements supplémentaires.

Supposons que le faisceau d'électrons ait un spectre limité de façon abrupte du côté des courtes longueurs d'onde (limite λ_m) et s'étale en dégradé du côté des grandes longueurs d'onde.

a. Prenons le cas d'un monocristal vrai dont les plans (*hkl*) sont rigoureusement parallèles et font un angle θ_0 avec le faisceau incident. Il y aura un faisceau diffracté pour une longueur d'onde λ_0 donnée par la loi de Bragg $\lambda_0 = 2\,d \sin \theta_0$. Si le faisceau est monochromatique de longueur d'onde λ_0 il y a un point sur le diagramme à une distance du centre $r_0 = \mathrm{D}\ \mathrm{tg}\ 2\,\theta_0$ si D est la distance échantillon-écran. Si le faisceau est polychromatique et contient la longueur d'onde λ_0, le résultat est exactement le même car il ne peut y avoir diffraction pour une autre longueur d'onde (mis à part les effets négligeables de la réfraction). Nous supposerons le montage réglé de telle sorte que $\lambda_m = \lambda_0$. Avec des angles θ assez petits nous pouvons écrire :

$$\lambda_0 = 2\,d\theta_0 \qquad \text{et} \qquad r_0 = 2\,\mathrm{D}\theta_0 = \frac{\mathrm{D}\,\lambda_0}{d}.$$

b. Prenons le cas maintenant d'un pseudo-monocristal à structure mosaïque où tous les plans (*hkl*) ont une orientation moyenne bien définie, mais dans lequel, pour chaque cristallite les plans (*hkl*) peuvent être légèrement inclinés par rapport à la position moyenne et supposons cette dispersion isotrope (l'expérience semble le prouver).

Pour un faisceau monochromatique nous trouvons la tache à la distance r_0 correspondant à λ_0. Pour les plans (*hkl*) dispersés autour d'un axe perpendiculaire au faisceau il ne peut y avoir diffraction sauf si la dispersion ε atteint la valeur θ_0, ce qui donne l'harmonique 2 (2 *h*, 2 *k*, 2 *l*). Par contre pour les dispersions autour d'un axe parallèle au faisceau il y a diffraction et si la dispersion ε atteint une valeur ε_m, la tache s'élargit transversalement d'une longueur $r_0\,\varepsilon_m$ il n'y aura aucun autre élargissement.

Pour un faisceau polychromatique au contraire, si les choses se passent de même dans le dernier cas, il en va autrement dans le premier. En effet, à un plan (*hkl*) écarté de ε correspond un rayon diffracté à une distance $r = (\mathrm{D}\lambda/d)$ pour une longueur d'onde $\lambda = 2\,d\,(\theta_0 + \varepsilon)$ soit $r = r_0 + 2\,\mathrm{D}\varepsilon$. Il en sera ainsi pour toutes les longueurs d'onde du spectre correspondant aux valeurs de désorientation comprises entre o et ε.

Prenons un exemple numérique : soient $D = 500$ mm, $\lambda_0 = 0{,}05$ Å, $d = 2{,}5$ Å, d'où $r_0 = 10$ mm et $\theta_0 = 1/100$ de radian soit environ 35 mn. Supposons une désorientation ε d'une valeur moitié soit 1/200 de radian. Dans le sens transversal la tache sera élargie de

$$\pm r_0 \varepsilon = \pm 10/200 \text{ mm} = 0{,}5 \text{ mm}$$

alors que dans le sens radial l'allongement de la tache atteint $r - r_0 = 2\, D\varepsilon = 5$ mm (si le spectre contient la longueur d'onde $\lambda = \lambda_0 + 2\, d\varepsilon = 1{,}5\, \lambda_0$).

En résumé : Si l'on admet que les taches harmoniques sont en général produites par des diffractions multiples (théorie cinématique) une structure mosaïque n'est pas décelable avec un faisceau monochromatique car l'élargissement des taches selon un arc est très très faible. Avec un faisceau polychromatique la tache est prolongée par une comète radiale.

De la connaissance de la distribution énergétique du spectre et de la répartition des intensités dans la comète on peut déduire la loi de dispersion des plans réticulaires autour de leur valeur moyenne.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

GÉOLOGIE. — *Réinterprétation du Birrimien du Guidimaka (Mauritanie méridionale).* Note (*) de M. **Georges Rocci**, transmise par M. Marcel Roubault.

Le massif cristallin du Guidimaka représente une portion de socle vraisemblablement birrimien qui a été réactivé lors des plissements de la Série de Bakel-Akjoujt.

Dans la partie de la Mauritanie méridionale située au Nord du fleuve Sénégal, entre les localités de Sélibaby et de M'Bout, plusieurs auteurs et notamment F. Jacquet (1) et L. Renaud (2) ont décrit des formations cristallines, désignées par ce dernier sous le terme de granites du Guidimaka, intrusives dans la série épimétamorphique de Bakel-Akjoujt considérée comme précambrienne.

Récemment [(3), (4), (5)] il a été démontré que la Série de Bakel-Akjoujt devait, en réalité, représenter la partie plissée et métamorphisée du prolongement occidental des formations paléozoïques des plateaux de l'Adrar, du Tagant et de l'Assaba, portions du grand bassin sédimentaire de Taoudéni. Le « rajeunissement » ainsi imposé à la série métamorphique devait-il entraîner nécessairement celui des granites du Guidimaka ?

Une étude sur le terrain m'a rapidement permis de constater qu'il n'en était rien. Bien que présentant en de nombreux points un contact anormal avec la Série de Bakel-Akjoujt, les formations cristallines sont en réalité antérieures à celle-ci et ne sont donc pas intra-paléozoïques. Elles n'en offrent pas moins un grand intérêt.

Les formations anté-Bakel-Akjoujt comprennent notamment :

— des roches métamorphiques variées;

— des roches volcaniques basiques;

— des roches plutoniques acides.

Les roches métamorphiques. — Dans la région de Kéninkoumou (à une quinzaine de kilomètres au Nord de Sélibaby), j'ai découvert une série de schistes feldspathiques faiblement inclinés vers le Sud-Ouest, mais très fortement microplissés et étirés. De teinte claire, plus ou moins riches en micas, ces roches ont un grain fin, une texture grano-porphyroblastique toujours très orientée, parfois cloisonnée et plus ou moins cataclastique. Sur une trame constituée de minces lits de quartz étiré très abondant associé à un peu de feldspaths, alternant avec des feuillets souvent très contournés formés de muscovite, de séricite et en moindre quantité de paillettes de biotite, de granules d'épidote et de quelques prismes de tourmaline brisés, se détachent des pœciloblastes d'albite An 0-5 (forme de basse température), généralement non maclés. Ces pœciloblastes, qui peuvent être très abondants, ne sont pratiquement pas déformés. Ils repoussent la trame et les nombreuses inclusions d'éléments de celle-ci

qu'ils contiennent ont souvent gardé l'allure microplissée des lits de la roche. Ils sont donc postérieurs à la phase majeure de déformation. Les schistes de Kéninkoumou sont probablement d'anciennes arkoses ou grès psammitiques métamorphisés dans le faciès schiste vert et secondairement albitisés.

Plus au Nord, à l'Est d'Agouémit, affleure une puissante série d'amphibolites et de gneiss à amphibole, tantôt feldspathiques, tantôt grenatifères, où les phénomènes de boudinage sont bien développés. Ces roches basiques appartiennent au faciès amphibolite-almandin.

Enfin, en enclaves dans les roches plutoniques, on rencontre des quartzites à minéraux, des gneiss à muscovite, des calcschistes etc...

Les roches volcaniques basiques. — Dans le lit d'un oued à quelques kilomètres au Nord de Sélibaby, j'ai découvert une très belle succession de roches vertes, schistifiées, souvent amygdalaires et hétérogènes, contenant plusieurs intercalations de conglomérats étirés à éléments anguleux de taille très variable (centimétrique à décimétrique). La direction générale de la schistosité est approximativement Est-Ouest, avec un pendage modéré. Les roches vertes schistifiées sont, pour la plupart, des tufs andésitiques, des méta-andésites et des méta-microdiorites, avec en moindre proportion des chloritoschistes à composition de méta-grauwackes. Les éléments des conglomérats sont formés de méta-andésites, de méta-labradorites et même de kératophyres cimentés par des tufs basiques. La formation de Sélibaby représente donc un complexe volcanique assez basique à caractère explosif, métamorphisé dans le faciès schiste vert.

Les roches plutoniques. — Bien qu'affleurant assez mal, des granites à muscovite, très hétérogènes, souvent étirés, forment un massif à l'Est de la montagne d'Artémou, à mi-chemin entre M'Bout et Sélibaby. Ils contiennent de nombreuses poches ou filons de quartz, de pegmatites et d'épidotites. La partie la plus importante du substratum du Guidimaka est occupée par des granodiorites passant aux diorites quartziques, parfois laminées, notamment près des contacts avec la Série de Bakel-Akjoujt.

Dans leur ensemble, les formations cristallines du Guidimaka présentent des analogies de faciès très étroites avec les terrains de l'Antécambrien moyen du Sénégal oriental et de Côte-d'Ivoire, appartenant au Système Birrimien. Les schistes feldspathiques et surtout les roches volcaniques basiques sont les plus caractéristiques des terrains birrimiens. Les amphibolites, dont la position stratigraphique reste encore assez obscure, peuvent également en faire partie ([6]) ou bien constituer des septas de formations plus anciennes. Enfin, les granites et granodiorites possèdent les mêmes caractères que les granites post-birrimiens si largement répandus dans tout l'Ouest africain.

Conclusion. — Les « granites du Guidimaka » représentent en réalité une portion de socle antécambrien apparaissant en fenêtre sous les séries

épimétamorphiques de Bakel-Akjoujt. Les faciès les plus caractéristiques de ce socle composite appartiennent au Birrimien typique qui est ainsi reconnu pour la première fois en Mauritanie méridionale (7).

Le grand massif birrimien du Sénégal oriental et du Mali se prolonge donc au nord du fleuve Sénégal, et le Guidimaka en constitue l'aire d'affleurement la plus septentrionale, puisque au Nord d'Akjoujt on ne le retrouve plus.

L'histoire structurale du socle du Guidimaka est complexe. La plupart des roches présentent des déformations et des recristallisations imputables à des phénomènes rétromorphiques postérieurs à la mise en place des granites et granodiorites qui sont souvent non seulement étirés, mais saussuritisés, séricitisés et même parfois albitisés. La rétromorphose, très sensible également sur les roches volcaniques basiques, est spectaculaire dans les schistes de Kéninkoumou dont l'intense déformation est suivie d'une albitisation envahissante à partir d'un matériel primitivement feldspathique.

Il est logique d'attribuer cette *rétromorphose dynamique* à une réactivation du socle en relation avec les plissements akjoujtiens de la série de couverture qui s'est trouvée décollée de son substratum cristallin.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) F. JACQUET, *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 1937, p. 4.

(2) L. RENAUD, *Mémoires du B. R. G. M.*, n° 5, 1961.

(3) J. DELPY, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3035.

(4) J.-P. BASSOT et J. DELPY, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3206.

(5) C. BENSE, *Thèse Ingénieur-Docteur*, Nancy, 1961.

(6) J.-P. BASSOT, *Archives B. R. G. M.*, Dakar, 1960.

(7) Tous les terrains de cette région attribués jusqu'à ce jour au Birrimien sont représentés par les formations de couverture du type Bakel-Akjoujt.

(*Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Nancy.*)

RADIOGÉOLOGIE. — *Variations de la composition isotopique du potassium de différentes origines.* Note (*) de MM. **Gunter Harms**, **Claude Blanc**, **Lucien Espagno** et **Daniel Blanc**, présentée par M. Francis Perrin.

On a mesuré à l'aide d'un spectromètre de masse, les abondances des isotopes du potassium extrait de différentes roches. Le rapport $^{39}K/^{41}K$ varie avec la provenance et l'âge de la roche. Par contre, le pourcentage de l'isotope 40 est constant et égal à 115.10^{-6}.

Depuis 1935 [(1), (2)], on sait que le potassium naturel compte trois isotopes, de masses 39, 40 et 41 et d'abondances relatives voisines de 93,43, 0,0113 et 6,56 %, respectivement. Nous montrons ici que l'abondance de l'isotope radioactif ^{40}K (3) ne varie ni avec l'âge, ni avec la provenance des échantillons de roches. Par contre, en accord avec les résultats de Letolle (4), nous mettons en évidence la variation du rapport $^{39}K/^{41}K$.

On trouvera dans le tableau I la description des roches étudiées. Le potassium est extrait en totalité puis converti en chlorure de potassium (5). L'extraction est complète, ce qui élimine tout enrichissement isotopique. Les mesures d'abondance isotopique sont faites avec un spectromètre de masse Atlas Werke CH 4, équipé d'une source thermoionique à deux filaments. On opère par enregistrement en simple collection, le courant ionique étant amplifié par un multiplicateur d'électrons secondaires capable de détecter 10^{-18} A. Ce dispositif très sensible permet de faire les mesures avec une quantité de KCl inférieure à 10^{-6} g, déposée sous forme d'un léger voile gris sur le filament de vaporisation. On obtient une émission stable en chauffant seulement le filament d'ionisation de façon modérée et progressive.

Les rapports isotopiques ont été déduits de la mesure directe de la hauteur des pics. La succession des trois pics 39, 40 et 41 est balayée en trois minutes selon dix cycles successifs pour éliminer les fluctuations statistiques liées à l'émission, à la collection et à la mesure des pics.

Nous avons vérifié qu'il n'y avait pas d'enrichissement isotopique pendant 24 h d'émission continue en faisant cinq séries d'essais sur du KCl du commerce (tableau I). Les pourcentages d'isotopes 39, 40 et 41 sont de $93,46 \pm 0,05$; $0,0115 \pm 0,0001$ et $6,52 \pm 0,06$. Nous avons enfin vérifié sur un mélange synthétique que la présence de 1 % de $CaCl_2$ ne faisait pas croître la hauteur du pic 40, même en augmentant notablement le chauffage du filament au-delà de la plage de mesure.

Les résultats portés sur le tableau I montrent que le pourcentage d'isotope radioactif ^{40}K ne varie pas selon la provenance ou l'âge de la roche. Ce pourcentage est de $0,0115 \pm 0,0001$, en bon accord avec les déterminations antérieures (6). Cela signifie que le stock de potassium radioactif n'a pas été renouvelé depuis l'origine, contrairement à ce qui se passe pour les

météorites ([7]). Ce stock décroît régulièrement, indépendamment de la localisation du potassium. On peut penser de plus que l'isotope radioactif, dont la masse atomique est comprise entre celles des deux isotopes stables, est peu sensible aux enrichissements isotopiques qui, au cours de la genèse des roches, affectent le rapport $^{39}K/^{41}K$ ([8]).

TABLEAU I.

Origine de la roche.	KCl du commerce (*).	Ougartien de Marhouma (Sahara).	Dévonien inférieur. Schiste de Palairac (Aude).	Précambrien, socle granitique du sondage AR 10 (Sahara).	Précambrien, socle métamorphique sondage GS 1 (Sahara).
Teneurs en potassium naturel (%)	53,0	2,0	2,5	2,2	Essai conduit sur la roche sans extraction préalable
Abondances isotopiques (%) :					
Potassium 39	96,43	93,39	93,41	93,30	93,61
» 40	0,0115	0,0116	0,0115	0,0116	0,0114
» 41	6,52	6,59	6,56	6,72	6,37
Rapport $\frac{^{39}K}{^{41}K}$	14,35	14,30	14,34	13,85	14,70

(*) Prolabo, réf. 26764, n° 612-16.

Les deux échantillons d'origine sédimentaire se rapprochent de l'échantillon de chlorure de potassium du commerce qui a servi de référence pour toutes les mesures. Ce résultat conduit à des conclusions comparables à celles de Letolle relatives à l'homogénéisation du potassium au cours des phénomènes géologiques sédimentaires. Par contre, on note une variation importante du rapport $^{39}K/^{41}K$ pour les deux échantillons d'origine profonde. A notre avis, ces variations ne sont pas dues à des enrichissements isotopiques au cours des mesures, comme le suggère Reutersward ([9]). Il semblerait que les fluctuations de ce rapport soient liées à la genèse et à l'histoire géologique de ces roches; des mesures systématiques sont en cours afin de vérifier cette hypothèse.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) A. Nier, *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 283.
([2]) A. Brewer, *Phys. Rev.*, 48, 1935, p. 640.
([3]) D. Strominger, J. Hollander et G. Seaborg, *Rev. Mod. Phys.*, 30, 1958, p. 619.
([4]) R. Letolle, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2205.
([5]) W. Hillebrand, G. Lundell, H. Bright et J. Hoffman, *Applied Analyses*, Wiley, 1953.
([6]) A. Nier, *Phys. Rev.*, 77, 1950, p. 789.
([7]) H. Voshage et H. Hintenberger, *Z. Naturforschg.*, 16 *a*, 1961, p. 1042.
([8]) T. Taylor et H. Urey, *J. Chem. Phys.*, 6, 1938, p. 429.
([9]) C. Reutersward, *Arkiv Fysik*, 11, 1956, p. 1.

(Laboratoires de Chimie physique, S. N. P. A., Pau-Lacq.)

AÉRONOMIE. — *Sur l'activité magnétique diurne dans les régions de haute latitude et sur une propriété du vent solaire.* Note (*) de MM. **André Lebeau** et **Jacky Bitoun**, présentée par M. Jean Coulomb.

On calcule les trajectoires du pied des lignes de force du champ magnétique terrestre qui passent par les points neutres de la cavité de Chapman-Ferraro. On montre que l'heure du maximum d'activité magnétique à la station Dumont d'Urville coïncide avec le moment où le pied de la ligne de force passe au plus près de la station dans l'hypothèse où la cavité est créée par un vent solaire radial.

De nombreux auteurs [(1) à (4)] ont étudié l'interaction entre le dipôle terrestre et un écoulement uniforme de plasma solaire. On montre que le champ est confiné à l'intérieur d'une cavité autour de laquelle se fait l'écoulement; la frontière est définie par une nappe de courant d'une faible épaisseur. Sur la surface de cette cavité existent deux points neutres sur lesquels les lignes de force qui définissent la surface se rencontrent pour aller, après s'être brusquement infléchies, rejoindre la surface de la terre en deux points situés au voisinage des pôles géomagnétiques.

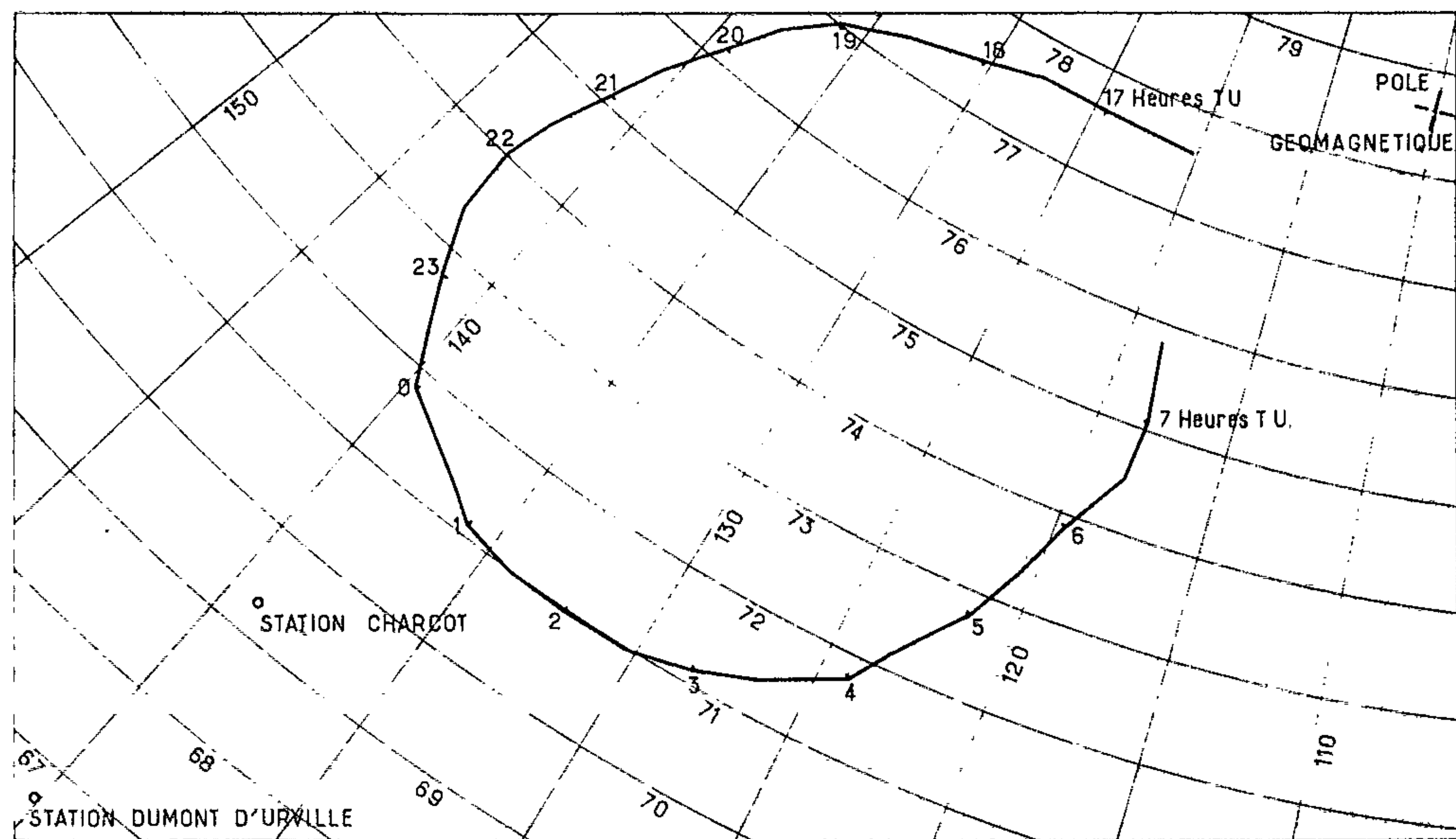
Aucune condition d'énergie ne restreint la possibilité, pour une particule chargée, d'atteindre une profondeur quelconque en suivant les lignes de force qui passent par les points neutres. Dungey (5) a tenté de fonder, sur cette remarque, une interprétation de l'ensemble des perturbations magnétiques observées dans les régions polaires. Cette tentative se heurte à de sérieuses difficultés : d'une part, la latitude des zones aurorales ne correspond pas à la latitude calculée pour le pied de la ligne de force, et d'autre part, le maximum d'activité aurorale se produit pendant la nuit. En revanche, l'explication proposée par Dungey s'adapte facilement à l'interprétation de l'activité magnétique diurne observée à l'intérieur de la zone aurorale.

Nous nous sommes proposés de confirmer cette interprétation en calculant la trajectoire du pied de la ligne de force qui passe par le point neutre et en la comparant à ce que nous savons de la variation diurne de l'activité.

Spreiter et Briggs (3) ont calculé par une méthode d'approximation la forme de la cavité pour différentes valeurs de l'angle entre l'axe du dipôle et le vecteur vitesse du plasma, et ils ont déterminé en particulier la position des points neutres.

Nous avons supposé que la présence de la cavité n'exerçait pas de déformation sur les lignes de force issues des points neutres. Cette approximation est très bien vérifiée pour le modèle envisagé par Chapman (6) dans lequel le plasma est limité par une surface plane.

Elle l'est plus médiocrement dans le modèle stationnaire mais fournit cependant une première indication et permet d'éviter des calculs extrêmement pénibles. Nous avons appliqué au pied de la ligne dipôle qui passe



TRAJECTOIRE DU PIED DE LA LIGNE DE FORCE
PASSANT PAR LE POINT NEUTRE
(r_0 = 12,5 rayons terrestres, 305e jour de l'année)

Fig. 1.

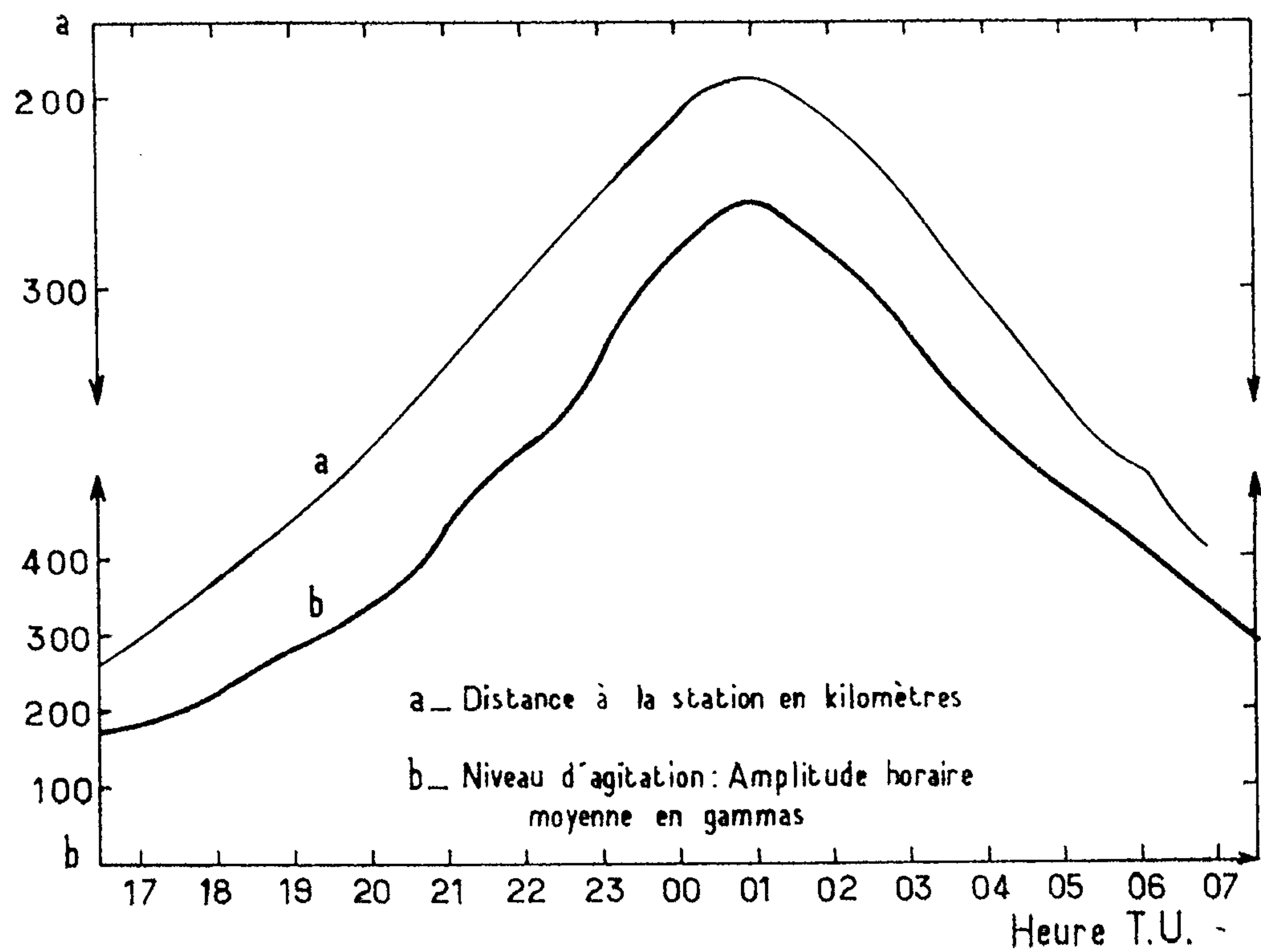


Fig. 2.

par le point neutre la correction déterminée par Hultqvist ([7]), correction qui tient compte des cinq premiers harmoniques sphériques du champ réel. Il est légitime d'admettre qu'au niveau du point neutre, la ligne du champ dipôle et la ligne du champ réel non déformé qui passeraient par le même point du plan équatorial sont encore à peu près confondues.

Nous avons conduit le calcul pour des valeurs du rayon caractéristique r_0 de la cavité égales à 8,5, 12,5 et 14,5 rayons terrestres. La trajectoire n'est que peu affectée par la variation de r_0 ; en effet, la latitude Φ du pied de la ligne de force est liée à r_0 par une relation de la forme : $\cos\Phi \propto r_0^{-\frac{1}{2}}$.

Nous avons déterminé les trajectoires par 48 points correspondant aux heures et aux demi-heures rondes de temps universel pour les équinoxes, les solstices et les jours équidistants d'un équinoxe et d'un solstice. La figure 1 montre l'aspect des trajectoires obtenues.

Nous avons comparé le niveau de l'activité diurne à la station Dumont d'Urville et la distance de la station au pied de la ligne de force en utilisant la courbe publiée par Lebeau et Schlich ([8]). La figure 2 montre le résultat obtenu. L'heure du maximum d'activité coïncide exactement avec l'heure qui correspond à la distance minimale. Par ailleurs, au voisinage de l'extremum, l'activité mesurée par la moyenne des amplitudes horaires en gammas est, en première approximation, inversement proportionnelle à la distance au pied de la ligne.

Ce résultat confirme l'existence d'une relation entre l'activité diurne et la présence de points neutres sur la cavité. Il indique, d'autre part, qu'en moyenne, et au niveau de l'orbite terrestre, le vent solaire est radial.

Les calculs ont été effectués sur ordinateur I. B. M. 1620.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) V. C. A. FERRARO, *J. Geophys. Research*, 65, 1960, p. 3951-3953.

([2]) J. W. DUNGEY, *J. Geophys. Research*, 66, 1961, p. 1043-1047.

([3]) J. R. SPREITER et B. R. BRIGGS, *N. A. S. A.*, Report R-120, 1961.

([4]) D. B. BEARD, *J. Geophys. Research*, 67, 1962, p. 477-483.

([5]) J. W. DUNGEY, *Cosmic Electrodynamics*, Cambridge University Press, Cambridge, 1958.

([6]) S. CHAPMAN et V. C. A. FERRARO, *Terrest. Magnetism and Atmospheric Electricity*, 36, 1931, p. 171-186.

([7]) B. HULTQVIST, *Arkiv Geofysik*, 3 (4), 1958.

([8]) A. LEBEAU et R. SCHLICH, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1014.

(*Groupe de Recherches Ionosphériques.*)

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Contribution à l'étude de la reproduction sexuée chez le* Torreya californica. Note (*) de M. **Michel Favre-Duchartre**, présentée par M. Roger Heim.

Le cycle ontogénique du *Torreya californica* est précisé et daté. La membrane mégasporale, très mince aux stades cénocytiques du développement du prothalle ♀, ne persiste pas après la cellularisation de ce dernier. Ce fait paraît lié à la conformation « ruminée » de l'endosperme. La majeure partie de l'accroissement prothallien se réalise après la fécondation.

Les recherches de Robertson ([1]), Coulter et Land ([2]), Tahara ([3]), Buchholz ([4]) et Sugihara ([5]) sur la reproduction sexuée du *Torreya* ont apporté des résultats intéressants mais parfois douteux, contradictoires ou incomplets justifiant de nouvelles études de cette question.

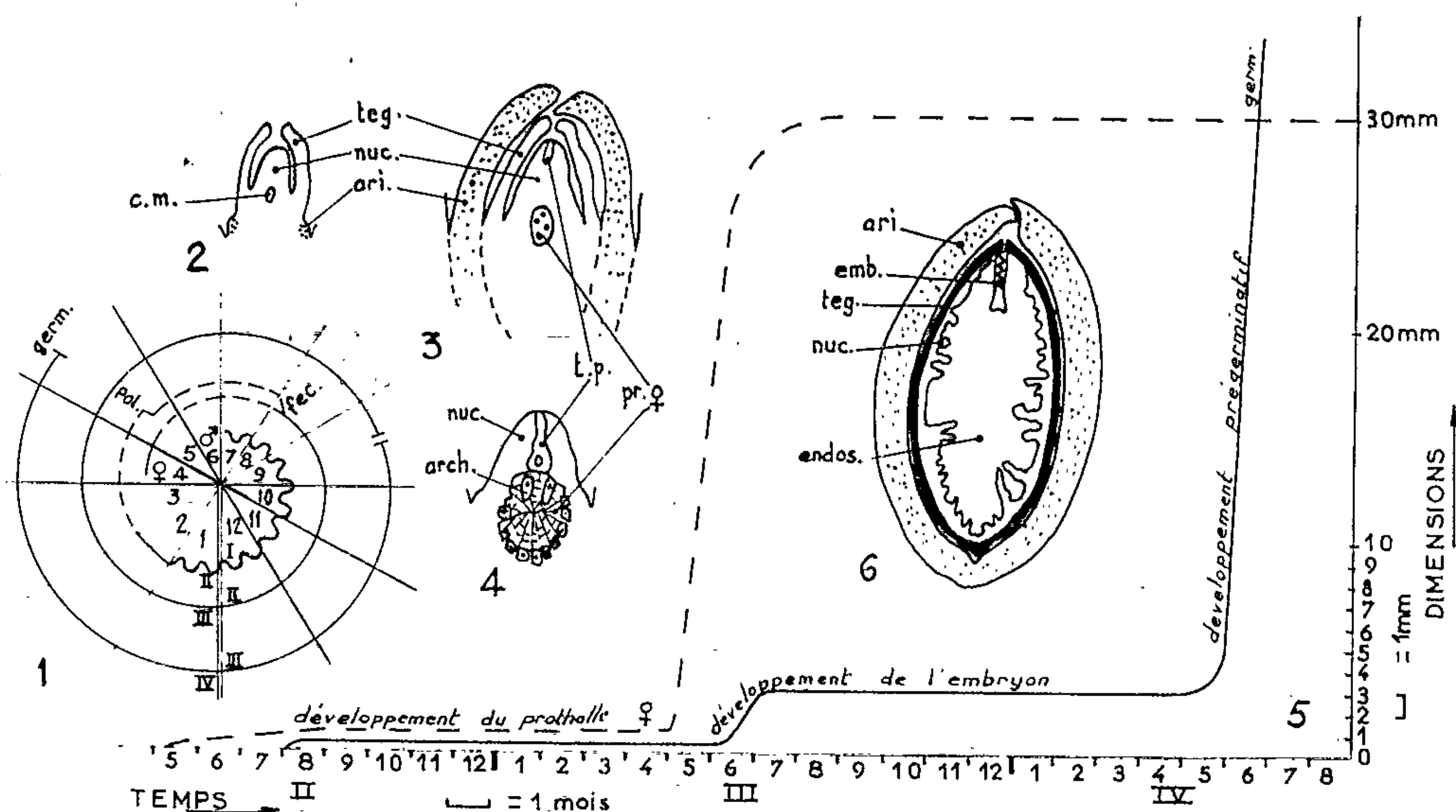
Les cônes ♂, les ovules et les graines de cette Taxacée dioïque relativement rare en France ont été récoltés, depuis 1960, au Jardin des Plantes de Paris, aux pépinières Croux, Vilmorin, aux arboratums des Barres et d'Harcourt.

La figure 1 permet de dater les principales étapes du cycle ontogénique de *T. californica*, tel qu'il se déroule dans la région parisienne.

La *microsporogénèse* devance la macroporogénèse, comme chez les autres genres de gymnospermes que nous avons étudiés ([6]). Les cônes ♂, différenciés dès le mois de juin, passent l'hiver au stade de tissu sporogène dont les cellules ont un noyau réticulé à chromocentre collectif analogue à ceux des *Taxus* et *Cephalotaxus*. Le contenu de chaque sac pollinique, expulsé par écrasement, constitue primitivement (et jusqu'en décembre) un massif cellulaire cohérent; en janvier, ce tissu se désagrège en grappes de cellules et ce n'est qu'en février, un mois avant la méiose, que les cellules-mères sont alors désassociées. La date de la méiose ♂ a pu être avancée de 44 jours dans des cônes ♂ portés par des rameaux cueillis le 4 janvier 1961 et maintenus, la base dans l'eau, à 20°C. Le cloisonnement est toujours simultané. L'amidon, apparu dans les cellules-mères, persiste au début du développement de la microspore et se résorbe au moment où l'intine s'épaissit [*cf.* Auger-Barreau ([7])]. Nous avons observé des grains de pollen géants, aux dimensions approximativement quadruples de celles des grains normaux et présentant un centre amylacé amorphe.

Les *ovules* sont visibles sur les jeunes pousses de l'année, au milieu du mois d'avril, et produisent, peu après, des gouttes micropylaires mucilagineuses réceptrices de pollen : la cellule-mère ♀ est alors différenciée et l'arille est encore rudimentaire (*fig.* 2). Le prothalle ♀ se développe à l'état cénocytique jusqu'à comporter au moins 32 (c'est-à-dire 2^5 noyaux). Le protoplasme gamétophytique n'est entouré que par une membrane cellulaire mince, analogue à celle des cellules nucellaires, nullement cutinisée, non colorable par le *fast green*. Au cours de la deuxième quinzaine

de juillet intervient la cellularisation du prothalle ♀, alors qu'il ne mesure qu'environ 180 × 120 μ. A partir de ce stade, le prothalle ♀ n'est plus enveloppé dans une membrane commune et ses cellules marginales se dissocient (*fig.* 4). L'arille s'accroît précocement, dépassant le micropyle dès le stade prothallien octonucléé (*fig.* 3) et accompagne ultérieurement l'augmentation en volume de l'ovule. Trois ou quatre archégones se différencient dans la région micropylaire (*fig.* 4). La fécondation se réalise début-août (*fig.* 1 et 5) et le proembryon stagne à un stade paucicellulaire pendant dix mois (*fig.* 5) remplissant mais ne dépassant pas la cavité archégoniale.



1, représentation schématique du cycle ontogénique de *Torreya californica* [*cf.* Favre-Duchartre (6)] : les lignes pleines symbolisent le développement des tissus diploïdes (microsporogénèse, macrosporogénèse, embryogénèse), les lignes pointillées représentent les phases haploïdes des gamétogénèses ♂ et ♀; 2, 3, 4, × 15, coupes longitudinales axiales d'ovules du mois de mai (2), juin (3) et fin-juillet (4); 5, évolution en fonction du temps des dimensions (ici doublées) du prothalle ♀ et de l'embryon; 6, grandeur nature, coupe longitudinale d'une graine mûre située, dans le schéma 5, à la période (*cf.* axe des abscisses) où elle a atteint la maturité. arch., archégone; ari., arille; c. m., cellule-mère; emb., embryon; endos., endosperme; fec., fécondation; germ., germination; nuc., nucelle; pol., pollinisation; pr. ♀, prothalle ♀; tég., tégument; t. p., tube pollinique.

Après la fécondation, le *prothalle* ♀ ne poursuit son accroissement que pendant un mois environ (*fig.* 5) : ses cellules marginales, mal cimentées et très riches en cytoplasme, prolifèrent, surtout dans la moitié hilaire, en empiétant irrégulièrement sur le tissu nucellaire. Puis tout accroissement prothallien cesse, pour ne reprendre, mais alors de façon très active, qu'au mois de mai de la deuxième année du développement prothallien (*fig.* 5) [c'est-à-dire la troisième année du cycle (*fig.* 1)]. Ainsi le prothalle ♀, dont les 7/8e de l'accroissement se réalisent *après* la fécondation, se comporte-t-il presque comme l'albumen des Angiospermes.

A la fin du mois de juin de la deuxième année de son développement (c'est-à-dire 11 mois après la fécondation), l'endosperme, cérébriforme en raison de sa pénétration inégale du tissu nucellaire (*fig.* 6), a atteint ses dimensions définitives, voisines de 30 × 15 mm (*fig.* 5 et 6), comparables à celles d'une noix de muscade, et ses cellules se sont chargées d'huile et de petits grains d'amidon. Alors se sclérifie le tégument ovulaire, auquel adhère, sauf à l'apex micropylaire, l'arille verte, épaisse et résinifère (*fig.* 6).

La deuxième année de son développement, l'*embryon* ne reprend sa prolifération qu'en juin, c'est-à-dire un mois après celle du prothalle ♀ (*fig.* 5) : de même, chez les Angiospermes, le développement embryonnaire succède-t-il à celui, plus précoce, du tissu nourricier. D'abord en forme de massue, puis clivé et produisant des embryons annexes éphémères en arrière de ses points de croissance, l'embryon principal cesse de s'accroître quand il a atteint 3 mm, ayant alors formé deux cotylédons courts et un suspenseur pelotonné (*fig.* 6).

L'embryon ne se développe notablement, ses deux cotylédons atteignant parfois le fond de la cavité séminale, que lorsque la graine a été mise à germer (*fig.* 5). Les germinations hypogées ne se réalisent qu'à partir du huitième mois après la séparation des graines d'avec l'arbre (*fig.* 1).

Si, par leur aspect général, les graines de *Torreya* ressemblent beaucoup aux semences des Cycadacées (l'arille y tenant lieu de sarcotesta), l'absence de membrane mégasporale différenciée aux jeunes stades prothalliens et sa disparition ultérieure, de même que la chronologie des développements des organismes nourriciers et des embryons évoquent, au contraire, les structure et biologie séminales des Angiospermes.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) *New Phytol.*, 3, 1904, p. 133-148 et 205-216, *pl.* 3-4 et 7-9.
(2) *Bot. Gaz.*, 39, 1905, p. 161-178, *pl.* A, 1-3.
(3) *Sc. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 4e série, 15, 1940, p. 419-426, *pl.* 17-18; 17, 1941, p. 9-16, *pl.* 1.
(4) *Bull. Torr. Bot. Club.*, 67, 1940, p. 731-754.
(5) *Saito Ho-on Kai mus. Research Bull.*, 25, 1956.
(6) *Silvæ genetica*, 11, 1962, p. 16-19.
(7) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3408.

(*Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences, 3, rue Vauthier-le-Noir Reims, Marne.*)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution de l'activité de l'α-galactosidase au cours de la germination et de la maturation de diverses semences.* Note (*) de Mme **Denise Lechevallier**, présentée par M. Raoul Combes.

Les graines étudiées, contenant ou non des holosides à galactose, présentent une activité α-galactosidasique, à la fois de transfert et d'hydrolyse. Ces deux activités augmentent au cours des premières phases de la maturation et de la germination.

L'α-galactosidase, d'après certains auteurs [Courtois ([1]), Arnaud ([2]), Petek et To Dong ([3])] serait un complexe enzymatique pouvant réaliser l'hydrolyse des α-D-galactosides et le transfert du galactose sur certains accepteurs; ces actions ont été décelées par Courtois et Arnaud chez les semences de Luzerne et de Café.

Dans un travail préliminaire ([4]), nous avions étudié l'évolution de l'α-galactosidase au cours de la germination des graines de Haricot. Dans la suite, nous avons étendu nos recherches à divers types de semences, les unes contenant des galactosides (raffinose, stachyose), les autres dépourvues de ces holosides. Dans tous les cas, l'activité enzymatique de l'α-galactosidase a été déterminée à plusieurs stades de la germination, à l'obscurité et au cours de la maturation.

Mode opératoire. — Dans toutes nos expériences, le substrat mis au contact du broyat est le phényl-α-D-galactoside préparé selon le mode opératoire de J. M. Clancy ([5]).

L'activité hydrolysante de l'enzyme est déterminée par évaluation du nombre de millimolécules de phénol libérées par unité de temps (dosage au spectrophotomètre); on en déduit également la quantité de galactose libéré. D'autre part, les dosages de l'ensemble des sucres réducteurs du broyat témoin (broyat seul) et de l'essai (broyat + substrat), effectués par la méthode de Nelson-Somogyi permettent de calculer la quantité de sucres réducteurs qui se sont combinés dans les actions de transfert.

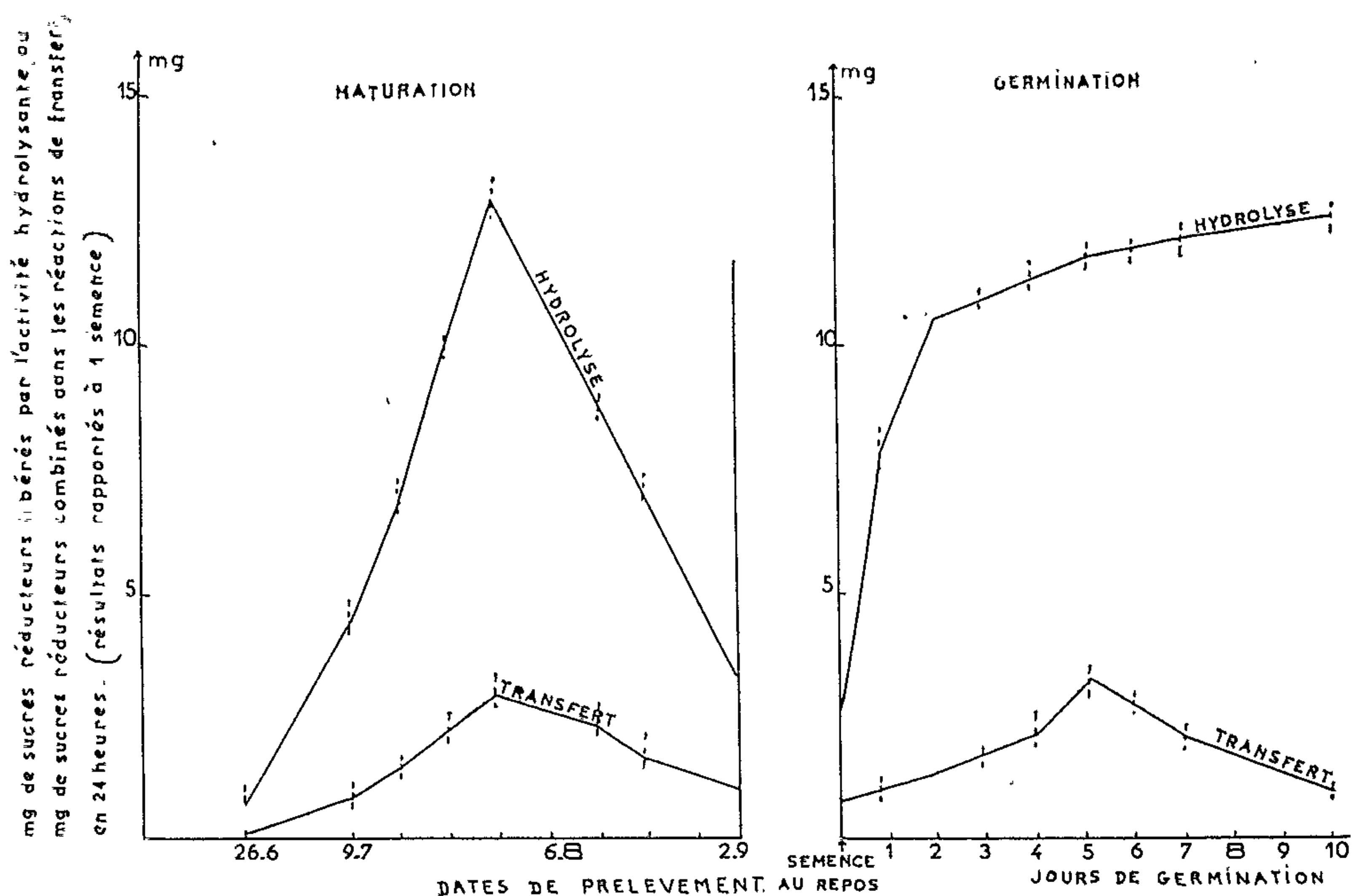
Il est à noter que ce « pouvoir transférant » ainsi exprimé représente la somme de la quantité de galactose transféré et des oses réducteurs ayant joué le rôle d'accepteurs.

Résultats. — Nos déterminations ont porté sur plusieurs espèces contenant ou non des holosides à galactose ([6]).

Espèces.	Holosides de réserves.
Orge	Raffinose, saccharose
Tournesol	» »
Chou	Stachyose, raffinose, saccharose
Radis	» » »
Haricot	» » »
Ricin	Saccharose

D'après nos résultats, toutes les semences non germées étudiées ont un faible pouvoir hydrolysant de l'α-galactosidase; elles montrent de plus une activité de transfert de ce complexe diastasique encore plus faible.

1. *Au cours de la germination*, à l'obscurité, à + 22°, on observe, quelle que soit la semence examinée, une nette augmentation à la fois du pouvoir hydrolysant et du pouvoir transférant.



Dans les parties « axiales » des plantules (radicule, hypocotyle, gemmule pour le Ricin; radicule, scutellum et coléoptile pour l'Orge), l'activité hydrolysante s'accroît fortement dans les premiers jours puis tend à se stabiliser dans la suite de la germination. Le pouvoir transférant s'élève également durant les premiers stades, passe ensuite à une valeur maximale, puis décroît, allant même parfois jusqu'à disparaître (Orge ayant germé 10 jours).

Dans l'albumen d'Orge et dans les cotylédons des graines étudiées, l'activité hydrolysante de l'α-galactosidase augmente dans les tout premiers jours puis tend à diminuer. L'activité transférante montre la même évolution.

2. *Au cours de la maturation* des semences les pouvoirs hydrolysant et transférant s'élèvent d'abord puis diminuent lors de la déshydratation de la semence.

A titre d'exemple, la figure ci-contre donne l'évolution de ces activités enzymatiques durant la germination et la maturation de l'Orge.

3. Par ailleurs, nous avons tenu à vérifier le comportement de l'α-galactosidase sur une préparation aussi pure que possible obtenue à partir d'un broyat de semences d'Orge.

Après plusieurs précipitations par le sulfate d'ammonium et l'alcool, nous avons séparé une fraction protéique dépourvue d'amylase et de saccharase; toutefois la β-galactosidase (lactase) est encore présente en assez faible quantité.

Cette fraction présente une forte activité α-galactosidasique à la fois d'hydrolyse et de transfert; le pouvoir transférant a été mis en évidence en faisant agir cet extrait sur une solution de phénylgalactoside en contact avec différents accepteurs : méthanol, propanol, glycérol, galactose, saccharose; dans ce dernier cas, on a pu constater la formation d'un holoside ayant le comportement chromatographique du raffinose. Avec le galactose comme accepteur, nous avons décelé, *in vitro*, la synthèse de deux holosides migrant sur les chromatogrammes respectivement comme un di- et un triholoside; ces corps, à l'hydrolyse, ne donnent que du galactose. Des essais de purification de la préparation enzymatique ainsi que l'étude de l'action de cette diastase dans le métabolisme à l'intérieur des semences sont actuellement en cours.

En résumé, toutes les graines examinées (Orge, Haricot, Ricin, Chou, Tournesol, Radis) qu'elles contiennent ou non des holosides à galactose (stachyose, raffinose, etc.) présentent une activité α-galactosidasique, à la fois de transfert et d'hydrolyse. Ces deux activités augmentent dans les premières phases de la maturation et également durant les premières phases de la germination.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) J. E. COURTOIS, A. WICKSTROM et P. LE DIZET, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 38, 1956, p. 351.
(2) M. ARNAUD, *Thèse de Doctorat d'État en Pharmacie*, Paris, 1958.
(3) F. PETEK et TO DONG, *Enzymologia*, 23, 1961, p. 133.
(4) D. LECHEVALLIER, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2825.
(5) J. M. CLANCY, *J. Chem. Soc.*, 1960, p. 3421-3423.
(6) R. DUPÉRON, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1817.

(Laboratoire de Physiologie Végétale de la Sorbonne.)

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur quelques particularités des corrélations de croissance entre bourgeons d'un an, dans les sarments de la Vigne.* Note (*) de M. **Roger Bessis**, présentée par M. Lucien Plantefol.

Mise en évidence de corrélations d'inhibition longitudinales entre bourgeons d'un an, ne se manifestant que sur chaque orthostique séparément.

Les inégalités existant dans le débourrement ou la croissance des pousses issues des yeux successifs d'un sarment de Vigne donnent lieu à deux types d'interprétations différentes :

Pour Huglin [1], qui a montré l'existence de corrélations par inhibition dans les bourgeons d'un an, la localisation des yeux inhibiteurs serait en relation étroite avec des gradients de sortie de dormance et de structure interne des bourgeons, tels qu'ils sont constitués à la fin de l'hiver; *les inhibitions, qui ne seraient pas polarisées, résulteraient vraisemblablement de détournements trophiques.*

Pour Antcliff, Webster et May [2], *les corrélations seraient au contraire polarisées et peut-être de nature hormonale*; ces auteurs remarquent que chez la Sultanine, quel que soit le niveau où le sarment est taillé, seuls les deux yeux apicaux 1 et 2 dans la succession alterne-distique (numérotation à partir du haut) ont un pourcentage de débourrement voisin de 100 %; si on supprime l'avant-dernier œil, n° 2, d'une baguette, le bourgeon de rang 4, c'est-à-dire celui qui est situé maintenant en position apicale sur l'orthostique pair, fournit un pourcentage de débourrement de 100 %, nettement supérieur à celui de l'œil 3 (81,4 %) situé plus haut mais en position sous-apicale sur l'orthostique impair.

Il ressort de ces expériences que l'œil apical de chacun des deux orthostiques se développe de façon privilégiée, quelle que soit sa situation sur le sarment. Les auteurs n'ont pas poussé plus avant leurs investigations à ce sujet et c'est simplement à titre d'hypothèse qu'ils admettent, dans le cas où l'agent inhibiteur serait une auxine, que le transport de celle-ci serait polarisé.

Si de nouvelles expériences vérifiaient cette hypothèse, les résultats en auraient un double intérêt : celui d'abord de montrer que, contrairement à ce qui paraît se produire habituellement dans les bourgeons d'un an chez les végétaux ligneux, des corrélations d'inhibition par voie hormonale peuvent jouer un rôle important dans l'évolution de la ramification; celui ensuite et surtout de montrer que la propagation longitudinale des facteurs hormonaux chez ces végétaux ligneux peut s'effectuer suivant un mode sectorial strict; les observations publiées par les auteurs australiens tendent à prouver en effet que les corrélations n'affectent que les bourgeons d'un même orthostique, sans influer sur l'évolution de ceux de l'orthostique opposé.

Nous avons repris l'étude de ce problème et exposons ci-dessous les résultats obtenus dans une première série d'expériences sur des fragments de sarments cultivés au laboratoire et sur lesquels on a pratiqué divers types d'ébourgeonnements.

Des baguettes de Pinot, taillées à huit yeux, sont récoltées dans le vignoble avec la partie du vieux bois sur laquelle elles ont leur insertion et mises en culture sur eau au moment où la dormance s'est estompée, soit deux mois environ avant le départ de la végétation; chaque type d'expérience est réalisé pour 20 baguettes semblables; on évalue la proportion D de débourrement pour les 20 yeux de chaque rang puis, environ 30 jours après la mise en culture, la longueur moyenne relative L des pousses correspondantes, en attribuant la valeur 100 à celle qui atteint la plus grande longueur moyenne.

Des baguettes témoins, non ébourgeonnées et cultivées dans ces conditions fournissent les valeurs indiquées dans les colonnes D_0 et L_0; les yeux 8 et 7 sont nettement favorisés et, du point de vue statistique, les différences entre 7 et 6 ou 7 et 4 par exemple sont très significatives; les deux yeux supérieurs, semblables entre eux, sont très différents des yeux sous-jacents.

L'examen des valeurs obtenues dans les essais où l'on a supprimé l'œil 7 lors de la mise en culture (colonnes D_1 et L_1) montre que, conformément aux observations de Antcliff, Webster et May, la valeur élevée de la proportion de débourrements se reporte sur un œil inférieur, qui n'est pas le 6e, mais le 5e; il en est de même pour la longueur des pousses; la suppression de l'œil 7 se traduit par la forte élévation des valeurs caractérisant le bourgeon placé au-dessous de lui et l'intercalation dans la série alterne-distique globale d'un œil (no6) dont les caractéristiques n'ont pas été modifiées.

Si maintenant on supprime dans un autre essai à la fois les deux yeux 7 et 5 (colonnes D_2 et L_2), les mêmes phénomènes réapparaissent; les valeurs élevées correspondent aux yeux 8 et 3, avec l'intercalation entre eux des yeux 6 et 4 à valeurs faibles.

Dans un dernier groupe d'essais, nous n'avons laissé subsister sur les baguettes que deux bourgeons seulement; lorsqu'il s'agit des bourgeons 8 et 7 (colonnes D_3, L_3), leur comportement est identique à celui des témoins et la suppression des yeux sous-jacents est donc sans influence sur leur développement relatif; lorsqu'il s'agit des yeux 8 et 6 (colonnes D_4, L_4), la proportion de débourrements de ce dernier est à peu près quatre fois plus faible que celle de l'œil 8 et la longueur de la pousse obtenue cinq fois plus faible; lorsqu'il s'agit enfin des bourgeons 8 et 5 (colonnes D_5, L_5), situés sur les deux orthostiques différents, la proportion de débourrements et les dimensions relatives des pousses sont voisines pour chacun des deux yeux.

En définitive, sur les sarments en culture où le développement des yeux conduit à un type de ramification acrotone particulier (deux bourgeons privilégiés, soit un pour chaque orthostique), ce développement présente

à travers les modifications expérimentales quelques caractères constants : quel que soit le rang du bourgeon supérieur et sa position par rapport à celui de l'autre orthostique, c'est toujours lui qui évolue en pousse privilégiée et, au cours de cette évolution, il inhibe tous les bourgeons sous-jacents de son orthostique et rien que ceux-là. Les corrélations entre bourgeons d'un an, dans les conditions expérimentales fixées, sont donc

Rang du bourgeon	D0/20	L0	D1/20	L1	D2/20	L2	D3/20	L3	D4/20	L4	D5/20	L5
8	16	91	14	75	14	100	17	100	17	100	17	99
7	17	100					19	88				
6	5	18	3	10	3	19			5	18		
5	7	21	17	100							13	100
4	10	40	11	36	8	29						
3	7	18	11	45	12	95						
2	1	5	4	12	2	3						
1	1	4	1	4	0	0						

polarisées en direction basipète et, de plus, ne jouent qu'entre bourgeons placés sur une même génératrice : la propagation longitudinale de l'inhibition est sectoriale. Il nous paraît difficile de ne pas penser à la mise en jeu de facteurs hormonaux, même si d'autres influences s'exercent aussi dans ces corrélations.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) P. Huglin, *Thèse*, Strasbourg, 1958.

(2) A. J. Antcliff, W. J. Webster et P. May, *Austr. J. agric. Research*, 6, 1955.

(*Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences, Dijon.*)

PATHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Évolution des nucléotides libres et des acides ribonucléiques dans les feuilles de* Brassica chinensis *infectées par le virus de la Mosaïque jaune du Navet.* Note (*) de M. **Léon Hirth**, Mlles **Élisabeth Ittel**, **Colette Richard** et M. **Paul Mandel**, présentée par M. Roger Gautheret.

Dans les plantes infectées par le virus de la Mosaïque jaune du Navet la synthèse de l'acide ribonucléique viral (RNA) a lieu, au moins partiellement, à partir de nucléotides libres néosynthétisés. Les plantes virosées sont également le siège d'une synthèse de RNA qui paraît dépasser la quantité de RNA viral.

On sait que la formation des unités de structure protéiques qui forment la capside des virus des plantes s'ajoute aux synthèses protéiques intervenant dans les cellules hôtes [(1), (2)]. Par contre, on ne connaît que peu de choses sur les modifications qu'entraînent au niveau du métabolisme des nucléotides libres et des acides ribonucléiques (RNA) la biosynthèse du RNA d'un virus dans les cellules de plantes infectées.

En utilisant le virus de la Mosaïque jaune du Navet dont la teneur en RNA est voisine de 40 %, nous avons tenté d'apporter quelques renseignements sur ce point. La présente Note rapporte les résultats obtenus.

Matériel et méthodes. — Le virus de la Mosaïque jaune du Navet est inoculé à la concentration de 1 mg/ml à des choux (*Brassica chinensis* var. Pet-Saï), âgés d'un mois. 15 à 17 jours après l'inoculation (et alors que les premiers symptômes de virose apparaissent), les plantes sont enlevées des pots dans lesquels elles poussent, les racines soigneusement lavées et plongées dans des Erlenmeyers contenant 200 ml d'une solution minérale composée comme suit : 0,5 g/l $(NO_3)_2Ca$, 0,125 g/l SO_4Mg, 0,125 g/l NO_3K et ^{32}P 120 ou 240 μC/l (acide orthophosphorique).

On constitue des lots de 40 à 60 plantes. Des lots équivalents de plantes non inoculées, disposées dans les mêmes conditions, servent de témoins.

Les plantes sont abandonnées 48 h dans une chambre climatisée à 24°C et 80 % d'hygrométrie, et sous lumière artificielle constante. Les feuilles sont ensuite prélevées, soigneusement lavées et divisées en deux selon la nervure médiane. On obtient ainsi deux lots analogues, l'un servant à l'isolement et à la mesure de l'activité spécifique du virus, l'autre à l'estimation des nucléotides libres et du RNA des feuilles ainsi que de leurs activités spécifiques réciproques. Cette dernière opération est aussi réalisée avec les plantes témoins.

Du lot destiné à cet effet le virus est extrait et purifié selon une méthode préconisée par Matthews (3), son activité spécifique est évaluée en coups par minute par microgramme de phosphore. On contrôle cette dernière sur le RNA extrait du virus par la méthode au phénol.

TABLEAU I.

Nucléotides libres.

N° de l'expérience.	Nucléotides libres des plantes en microgrammes de phosphore par gramme de poids frais. Plantes virosées.	Plantes saines.	$\Delta(s-v)$.	Activités spécifiques (nombre de coups par microgramme de phosphore). Plantes virosées.	Plantes saines.	$\Delta(s-v)$
F 1.......	20,07	31,2	−10,5	56	48	+ 8
F 2.......	27,7	16,9	+10,8	55	42	+13
F 3.......	20,2	30,1	− 9,9	52	20	+32
F 4.......	69,2	77,2	− 8	51	50	+ 1
F 5.......	23,4	22,1	+ 1,3	22	24	− 2

RNA.

N° de l'expérience.	RNA en microgrammes de phosphore par gramme de poids frais. Plantes virosées.	Plantes saines.	$\Delta(s-v)$.	Activité spécifique (nombre de coups par microgramme de phosphore). Plantes virosées.	Plantes saines.	$\Delta(s-v)$.	RNA viral. Milligrammes de virus par gramme de poids frais.	Microgrammes de phosphore viral par gramme de poids frais.	Activité spécifique par microgramme de phosphore viral.
F 1.......	159	88,2	+70,8	42	31	+11	370	8,5	8,6
F 2.......	83,6	49,3	+34,3	22	17	+ 5	400	12,0	58
F 3.......	122	84,5	+37,5	23	8	+15	670	19,0	1
F 4.......	102,8	77,9	+24,9	44	24	+20	277	7,49	23
F 5.......	73,9	49,3	+24,6	26	28	− 2	500	11,7	13,8

Les nucléotides libres sont évalués à partir de l'autre lot de feuilles par une méthode décrite par l'un d'entre nous [4]; quant au RNA total il est dosé selon la méthode de Schmidt et Thannhauser [5]. Les activités spécifiques des nucléotides et du RNA sont exprimées en coups par minute par microgramme de phosphore.

L'activité spécifique des nucléotides ribonucléiques est exprimé en coups par minute par microgramme de phosphore.

Des résultats exposés dans le tableau I on peut conclure que :

1° les plantes virosées contiennent davantage de RNA que les plantes saines : la différence est sensiblement supérieure à la quantité de RNA présente dans le virus. On sait cependant que l'extraction des virus des plantes est toujours incomplète et qu'une importante fraction de virus reste adsorbée sur les parois cellulosiques. Bien que la différence entre les teneurs en RNA des deux lots de plantes saines et virosées soit importante et dépasse la quantité de RNA présente dans le virus, on pourrait avoir un doute sur la présence d'un « extra-RNA » dans les plantes virosées : il convient alors de remarquer que l'activité spécifique du RNA des plantes

virosées est également plus élevée que celle du RNA des plantes saines. Ce phénomène ne peut être attribué au RNA du virus dont l'activité spécifique est, dans l'ensemble, moins élevée que celle du RNA des plantes virosées. Dans ces conditions, on peut penser que les plantes virosées contiennent une fraction de RNA qui leur est propre et qui est différente du RNA des virions. Il est possible que l'apparition de ce RNA soit lié à une néosynthèse d'enzymes. Il est possible également qu'il s'agisse de RNA viral complet ou non et non encore encapsidé.

2° On observe peu de variations dans la teneur des plantes virosées en nucléotides libres par rapport aux plantes saines. On note cependant une légère tendance à une diminution du « pool » des nucléotides libres dans les plantes virosées. Il ressort de cette observation que la simple utilisation du « pool » des nucléotides libres de la plante saine ne saurait être responsable de la synthèse du RNA viral et de celle de l'« extra-RNA » présent dans les plantes virosées. Il y a donc vraisemblablement une néosynthèse de nucléotides libres dans les plantes virosées accompagnée d'un « turn-over » accéléré de ces derniers. Le fait que l'activité spécifique des nucléotides libres des plantes virosées est dans l'ensemble plus élevée que celle des nucléotides des plantes saines confirme ce point de vue.

En conclusion, il semble logique de penser que le processus infectieux provoque chez les plantes virosées une augmentation très sensible de l'activité des systèmes enzymatiques impliqués dans la synthèse des RNA : cette augmentation d'activité peut être due, soit à une exaltation des propriétés des enzymes présents, soit à une néosynthèse d'enzymes; enfin elle semble aussi se traduire par l'apparition d'un RNA non encapsidé à marquage relativement rapide.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) B. COMMONER, D. L. SCHREBER et P. M. DIETS, *J. Gen. Phys.*, 36, 1953, p. 807-830.
(2) L. HIRTH, *Rev. Path. Vég. et Entom. Agric.*, 39, fasc. 2-3, 1960.
(3) R. E. F. MATTHEWS, *Virology*, 12, 1960, p. 521.
(4) P. CHAMBON et P. MANDEL, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 41, 1959, p. 715-733.
(5) G. SCHMIDT et S. J. THANNHAUSER, *J. Biol. Chem.*, 161, 1945, p. 83.

(*Département des Applications biologiques du Centre de Recherches nucléaires de Strasbourg-Cronenbourg.*)

AGRONOMIE. — *Évaporation de l'eau à partir d'un sol nu. Les trois stades de l'évaporation.* Note (*) de MM. **Alexandre Feodoroff** et **Mohamed Rafi**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

L'évaporation de l'eau à partir du sol s'effectue selon trois régimes successifs. L'existence du premier régime est liée à la présence d'eau excédentaire.

Le dessèchement des sols, en fonction des conditions d'évaporation et de leur réserve en eau, reste en dépit de nombreux travaux un phénomène mal connu. Dans le but de le préciser, une série d'expériences a été effectuée au laboratoire. Elles ont consisté à placer dans des conditions évaporantes définies des colonnes ou des récipients contenant un sol préalablement humecté. Dès la mise en œuvre de l'expérience, les colonnes étaient pesées à des intervalles de temps assez réguliers, ce qui permettait de calculer à partir de la perte d'eau en poids et de la section des récipients, leur débit d'évaporation journalier q (mm/jour). Périodiquement, des colonnes étaient sacrifiées pour déterminer le profil hydrique en prélevant des échantillons à diverses profondeurs. Une première colonne était sacrifiée immédiatement avant le début de l'évaporation et permettait d'établir un profil hydrique initial.

En fin d'expérience, on disposait donc des données suivantes : le débit journalier q de la colonne de terre, la quantité d'eau totale E_{mm} évaporée par le sol à chaque instant. D'autre part, le pouvoir évaporant de l'air (EP) a été déterminé par la perte d'un plan d'eau libre. Nous appellerons débit relatif le rapport de q/EP pour le même intervalle de temps.

On examine la variation du débit journalier q en fonction de la quantité d'eau totale évaporée. On constate que, dans certains cas, le débit reste d'abord relativement constant pendant un *premier stade.* Dans tous les cas il existe un *deuxième stade* où le débit décroît assez rapidement pour atteindre une valeur faible, diminuant très lentement, que nous appellerons débit résiduel q_3 qui correspond à un *troisième stade.*

Le premier stade est donc caractérisé par un débit assez constant, voisin d'ailleurs de l'évaporation potentielle EP du milieu. Nos essais montrent que l'existence et la durée de ce premier stade sont conditionnés par la présence d'eau « excédentaire » dans le sol. En effet, nous ne l'avons rencontré que lorsque le profil hydrique initial montre dans les couches superficielles une humidité plus élevée que la capacité de rétention.

Au bout d'un certain temps, le débit d'évaporation commence à décroître assez rapidement (deuxième stade). Ce stade intervient lorsque les colonnes initialement gorgées ont perdu une quantité d'eau voisine de celle retenue initialement au-dessus de la capacité de rétention.

Lorsque les colonnes de terres sont initialement ressuyées, c'est-à-dire que leur humidité en surface est de l'ordre de grandeur de la capacité de rétention (26-27 %) leur débit d'évaporation commence immédiatement à décroître. Dans ce cas le stade à débit d'évaporation constant ne se manifeste pas.

TABLEAU I.

Évaporation à débit constant.

Horizon B de Versailles : 1 mm.

Humidité initiale (% poids de 0 à 12 cm).	Capacité de rétention (%).	Débit d'évaporation (mm/jour).		Débit relatif (%).	
		Moyen.	Extrêmes.	Moyen.	Extrêmes.
31,1.............	26-27	1,50	1,1 - 2,3	80	42-95
31,1.............	26-27	25,6	21,4 -27,4	–	–
37,5.............	26-27	2,54	1,84- 3,35	95	80-109

TABLEAU II.

Deuxième stade de l'évaporation.

Horizon B de Versailles.

Dimension des agrégats (mm).	Humidité initiale moyenne de 0 à 12 (% de poids).	Débits successivement mesurés (mm/jour) à des intervalles de temps variables.				
		1.	2.	3.	4.	5.
<1.............	25,9	19,6	7,5	3,5	6,7	3,0
1- 5.............	27,3	21,9	11,3	6,0	4,7	2,6
5-10.............	27,0	14,1	6,0	3,3	5,8	3,4

A l'issue de cette décroissance rapide s'établit un stade à débit faible et très lentement décroissant (stade III).

Dans la grande majorité de nos essais les stades II et III se distinguent facilement.

TABLEAU III.

Débits d'évaporation en 2ᵉ et 3ᵉ stades.

Horizon B de Versailles.

Essai n°	Dimension des fractions du sol (mm).	Réserve initiale (mm).	EP (mm/jour).	2ᵉ stade. Débits (mm/jour).		3ᵉ stade. Débits (mm/jour).	
				Début.	Fin.	Début.	Après un supplément de perte de 20 mm.
1....	<1	60	2,8	10-1,2	0,5-0,6	0,5-0,6	0,2-0,4
2....	<1	60	27	19,6	0,7	0,7	0,4-0,5
3....	<1	212	25-27	25,6	1,7	1,7	1,0
4....	1- 5	250	24	–	1,0-1,2	1,0-1,2	0,8-1,0
5....	5-10	200	25	15,7	1,1	1,1	0,8
6....	5-10	60	27	14,1	0,7	0,7	0,45
7....	5-10	60	2,8	3,13	0,4-0,6	0,4-0,6	0,3-0,4

On constate que ce faible débit résiduel semble être peu influencé par le pouvoir évaporant du milieu (essais n°s 1-2 et 6-7). L'action de l'état structural semble négligeable (n°s 1-7 et 2-6). Par contre la réserve en eau, c'est-à-dire la profondeur humectée, exerce une influence nette (n°s 3-2 et 5-6), surtout avec la terre fine.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(*Laboratoire d'Études des Techniques culturales, I. N. R. A., Versailles.*)

CYTOLOGIE. — *Contributions à la connaissance du colloblaste, grâce à la Microscopie électronique.* Note de MM. **Raymond Hovasse** et **Pierre de Puytorac**, présentée par M. Louis Fage.

Bien que le colloblaste, élément caractéristique des tentacules de Cténaires, ait été abondamment étudié par Chun (1880), R. Hertwig (1880), Samassa (1892), C. Schneider (1902), Abbott (1907), Komai (1922), R. Weill (1935); on ne peut le considérer comme bien connu : entre ces descripteurs, l'accord n'est pas total, et certaines de leurs données sont contradictoires.

Nous avons tenté de réétudier l'élément mûr sur des tentacules de *Pleurobrachia*, ou de *Cydippe*, par la microscopie électronique, doublant les procédés classiques. Voici les points que nous considérons comme acquis.

La surface de la collosphère est couverte de deux couches de granulations : la plus externe est faite des *grains brillants* des auteurs. Ce sont des vésicules sensiblement sphériques qui se détachent facilement de l'ensemble, parfois après avoir conflué latéralement (*fig.*, *Gb*). Elles ont presque 1 μ de diamètre, apparaissent sur les coupes comme vides. Une fois détachées de la collosphère, celle-ci régularise son contour externe, limité par une membrane qui inclut la seconde couche, faite des *grains éosinophiles.* Leur diamètre est le même que celui des précédents, mais le contenu y est grenu, dense aux électrons, tandis que la paroi se déforme plus facilement (*fig.*, *Gé*). L'intérieur est structuré, car il est traversé par des fibrilles denses qui y divergent à partir du pôle tourné vers le centre de la collosphère. Il existe là un épaississement, où aboutit un cordon épais, fibreux, très dense, issu du *corps sphéroïdal* (*fig.*, *Cs*). Celui-ci est une masse oblongue, mesurant 1 μ selon son grand axe, très contrastée, fortement sidérophile, Feulgen-négative. De sa partie antérieure divergent les cordons fibreux qui l'unissent aux grains éosinophiles.

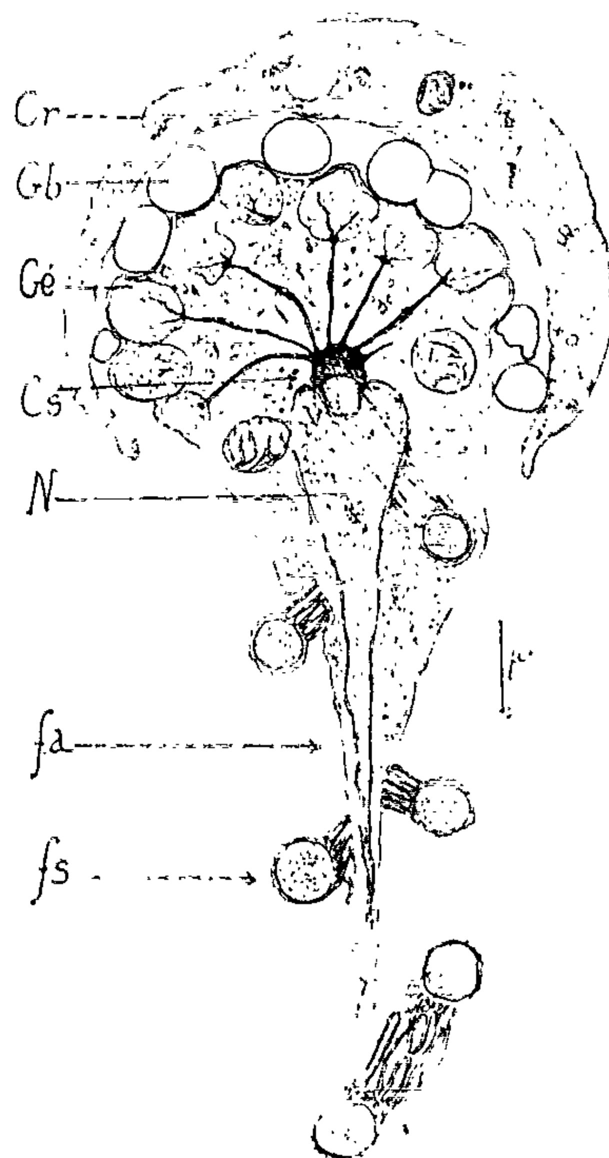
Alors que le microscope optique montre ici l'apparence d'un aster, aucune ultrastructure de centrosome ne s'y décèle. D'autre part, sa masse est en continuité directe avec celle des fibres rayonnantes, ce qui ne s'observe jamais dans le cas d'un véritable aster.

Le cytoplasme ambiant est de faible densité, riche en vacuoles ergastoplasmiques, avec çà et là de grosses mitochondries riches en crêtes.

Il existe, en relation avec le corps sphéroïdal, un noyau unique, dont le diamètre atteint initialement le tiers de celui de la collosphère. Par la suite (*fig.*, *N*), il s'allonge en s'effilant vers le point de fixation de la cellule. Ce noyau se reconnaît mal en microscopie optique : il est cependant Feulgen +. Au microscope électronique, sa membrane est toujours soulignée par un important espace périnucléaire, et souvent en contact avec des mitochondries. A ce stade, nous n'avons pas vu de nucléole.

Ses relations avec le corps sphéroïdal sont à noter : celui-ci est encastré dans le pôle supérieur du noyau qui entoure intimement sa base claire : la membrane nucléaire paraît à ce niveau absente, et le corps sphéroïdal en impose ainsi pour une extrusion nucléaire, représentant peut-être une transformation du nucléole.

Il existe certainement ici, à ce stade, deux filaments, l'un axial, l'autre spiral, supportant cette cellule, mais, ainsi que l'avait vu Samassa, tous deux sont en contact au niveau de la base du corps sphéroïdal (*fig.*, *fa* et *fs*).



Colloblaste de *Pleurobrachia pileus*. Figure combinée d'après plusieurs photos électroniques. *Cr*, fragment de cellule recouvrante; *Gb*, grain brillant; *Gé*, grain éosinophile; *Cs*, corps sphéroïdal; *N*, Noyau en cours d'étirement; *fa*, filament axial, coupé selon l'axe; *fs*, filament spiral, six coupes successives, avec les crêtes, et, en face de *N*, le puits.

Le filament axial est bien constitué par le noyau étiré en pointe vers le substratum, qu'il n'atteint pas toujours, mais il reste entouré d'une couche cytoplasmique appréciable, ainsi que l'a déjà vu Weill. Elle est gonflée çà et là par des amas mitochondriaux, et le filament axial finit par être relayé par le filament spiral qui arrive seul à la basale de l'épithélium.

Ce second filament naît dans l'espace périnucléaire, en continuité avec le corps sphéroïdal qui coiffe son extrémité. Il traverse ensuite le corps cellulaire, émergeant dans un puits, analogue à celui du fouet de maints Flagellés.

Il reste à partir de là accolé à la région conique du colloblaste, en décrivant deux ou trois spires. Il se dégage ensuite totalement, allant rejoindre l'axe fibreux du tentacule. C'est un tube plein, de section presque circulaire, mesurant un peu moins de 0,5 μ de diamètre, de contenu très homogène, sans la moindre fibre, mais de faible densité vis-à-vis des électrons. Il est entouré d'une première membrane, en continuité avec la masse du corps sphéroïdal, et épaisse d'une centaine d'angströms. Elle est doublée extérieurement par une seconde membrane, plus mince, plus lâche, et qui, sur la face qui regarde l'axe, se soulève en crêtes longitudinales, hautes de près de 1 μ, et qui suivent le filament sur toute sa longueur. Le nombre de ces crêtes oscille selon le niveau entre 6 et 10. Tant que les deux filaments restent voisins, l'une au moins d'entre elles est en continuité avec la membrane cellulaire, les autres ayant leur bord externe libre : cette membrane, comme les crêtes, sont donc des expansions de la membrane cellulaire. Des anastomoses existent souvent entre les diverses crêtes à leur base : elles constituent ainsi un ensemble, indiquant pour le filament une forte dissymétrie structurale, capable d'expliquer la disposition spirale et une élasticité possible.

Faute d'une étude sur le vif, nous ne pouvons encore rien dire de certain sur la formation des colloblastes, pas plus que sur leur fonctionnement. Nous avons vu cependant que ces éléments ne se forment pas isolément à la surface de l'épiderme tentaculaire, mais par groupes de 6 ou 7 en dessous d'une grosse cellule coiffant cet ensemble (*fig.*, *Cr*). En forme d'ombrelle, elle est pourvue initialement d'un très gros noyau, et son cytoplasme est très riche en ergastoplasme : progressivement, elle s'étale à la surface du groupe, finissant par lui constituer une membrane d'enveloppe qui se désagrège ensuite. Elle a été vue par Schneider, mais il lui a attribué l'origine des collosphères : nous pensons qu'il pourrait s'agir plutôt d'une cellule transporteuse, les colloblastes ne se formant pas là où ils fonctionnent.

R. Weill est le seul auteur à avoir tenté d'établir expérimentalement le rôle des colloblastes : ses conclusions sont cependant restées surtout négatives. Il a remarqué le peu d'adhérence des grains brillants à la collosphère, et ainsi nié leur pouvoir adhésif. Ceci paraît évident. Mais il reste les grains éosinophiles, qui, eux, sont reliés au collopode dont il a constaté l'ancrage énergique sur la basale de l'épithélium. Si ces grains sont collants, un rôle de tout l'élément dans le maintien des proies paraîtrait possible.

(*Centre de Biologie cellulaire, Clermont-Ferrand.*)

CYTOLOGIE. — *Culture de tissus d'Insectes à l'aide d'extrait d'embryon de Poulet en l'absence d'hémolymphe.* Note (*) de M. **Constantin Vago** et Mlle **Suzette Chastang** (1), présentée par M. Clément Bressou.

La culture *in vitro* de fibroblastes de Lépidoptères a été obtenue en l'absence d'hémolymphe ou de sérum, à l'aide d'extrait lyophilisé d'embryon de Poulet. Les cellules sont normales, présentent des mitoses mais il est plus difficile de prolonger la culture qu'en présence d'hémolymphe. Toutefois, cette méthode de culture permet d'obtenir le cycle de virus d'Insectes sur cellules cultivées et présente des avantages pratiques.

L'obligation d'incorporer une certaine quantité d'hémolymphe dans les milieux destinés à la culture de tissus de divers Invertébrés a considérablement limité l'utilisation de telles cultures en Physiologie et en Pathologie. En effet, la quantité d'hémolymphe disponible est souvent minime, par exemple dans le cas des aphides ou des tiques. De plus, la mélanisation de l'hémolymphe chez les Lépidoptères, Coléoptères et également chez d'autres Insectes, impose un traitement inhibiteur par chauffage et précipitation du sang.

Pour ces raisons, la diminution de la quantité d'hémolymphe dans le milieu ou son remplacement a été tenté de plusieurs manières. Récemment, nous avons réalisé (3) des cultures cellulaires d'Invertébrés à l'aide de sérum de Mammifères. Cette méthode a permis déjà l'application à une plus grande échelle de la culture de tissus d'Insectes de petite taille, notamment des vecteurs de maladies. Toutefois, nous avons continué nos essais en vue de remplacer l'hémolymphe et nous avons recherché d'autres substances susceptibles d'assurer le développement des cellules d'Insectes *in vitro*.

Parmi différents extraits de tissus d'Insectes, de Mollusques et de Vertébrés, nous avons expérimenté en particulier, avec l'extrait d'embryon de Poulet. Le suc embryonnaire, après concentration, a été conservé sous forme lyophilisée en ampoules scellées. Des produits pharmaceutiques type « Embryona » préparés selon ces principes ont été également utilisés.

Les cultures cellulaires étudiées provenaient de la gaine de gonades larvaires ou de chaînes ovariques de nymphes des Lépidoptères *Lymantria dispar*, *Bombyx mori* et *Galleria mellonella*. Après dissection aseptique, ces organes ont été lavés dans la solution physiologique Bm XIX, découpés en fragments et cultivés dans le milieu Bm XIX (2). Les méthodes de cultures employées étaient la goutte pendante, la goutte posée, la culture sous huile de paraffine, celle en fioles trouées, et enfin la couche monocellulaire sans préparation enzymatique.

Dans une première série de témoins, le milieu a été utilisé sans addition de sérum ou d'extrait.

Dans une deuxième série, ce milieu a été additionné, avant filtration, de 15 % de sérum de *Bombyx* préparé par chauffage pendant 5 mn à 60°C.

Dans une troisième série, il a été complété par 13 % de sérum de Veau et 2 % de sérum homologue de *Bombyx* (3).

Enfin, les cultures à éprouver ont été faites avec addition à 100 ml du même milieu de 6 mg d'extrait embryonnaire lyophilisé. Cet extrait a été dissous, à part, dans la fraction minérale du milieu et ajouté avant filtration. Il est également possible d'introduire l'extrait après la filtration mais, quelquefois, on observe un dépôt gênant la distinction des cellules.

Peu après la mise en culture (environ 6 h à 26°C) l'émission de fibroblastes commence dans toutes les séries. Au bout d'un jour, ces cellules sont abondantes dans le milieu contenant l'extrait et dans ceux préparés avec les sérums, elles sont moins nombreuses dans le milieu sans complément.

Cette différence s'accentue encore au bout de 4-5 jours de culture où une grande surface est couverte de fibroblastes dans les séries contenant sérum ou extrait. On observe des mitoses alors qu'elles sont exceptionnelles dans la série témoin. Le milieu a été changé tous les 5 jours et nous avons observé une augmentation du nombre de cellules et des mitoses, même après 20 jours de culture.

Les cellules sont transparentes avec vacuolisation faible ne s'accentuant que dans certaines cellules probablement plus âgées. Les mouvements des pseudopodes paraissent également comparables dans tous les cas. Il est enfin difficile de distinguer après fixation aux liquides de Bouin, de Bouin — Hollande ou de Carnoy et coloration à l'hémalun-érythrosine, les cellules cultivées avec l'extrait de celles obtenues en milieu additionné de sérum ou d'hémolymphe.

Toutefois, à partir de 15-25 jours de culture, les cellules cultivées en présence de sérum ou de l'hémolymphe sont plus transparentes, moins vacuolisées et plus nombreuses que celles maintenues à l'aide d'extrait embryonnaire.

Les cellules cultivées en présence d'extrait embryonnaire sont susceptibles d'être infectées de virus de polyédrie nucléaire de la même manière que celles maintenues avec sérum ou avec hémolymphe. L'évolution des corps d'inclusion se déroule dans des délais comparables. Les lésions des cellules pendant les différentes phases de la pathogenèse sont sensiblement les mêmes dans le milieu à extrait que dans celui à sérum.

Ces observations montrent qu'il est possible d'obtenir des cultures normales de fibroblastes à partir de tissus de Lépidoptères, sans addition d'hémolymphe ou de sérum en remplaçant ces constituants par un extrait embryonnaire. Bien que la durée de culture soit moins longue et les cellules moins bien conservées que dans les milieux contenant de l'hémolymphe ou du sérum, les cultures préparées avec extrait embryonnaire peuvent permettre des études physiologiques et pathologiques *in vitro*. En particulier, la durée de la culture active permet l'observation de la pathogenèse

virale ou éventuellement de la survie des virus transmis. Ces constatations ouvrent une nouvelle possibilité d'extension de la culture de tissus d'Invertébrés et en particulier d'Insectes de petite taille, dont les vecteurs de maladies, en écartant entièrement l'obligation de l'emploi d'hémolymphe. A cet aspect, s'ajoute enfin celui, important dans la pratique, de disposer en permanence de ce constituant du milieu sous forme lyophilisée.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) Avec la collaboration technique de M. Jean Button.

(2) C. VAGO et S. CHASTANG, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 903.

(3) C. VAGO et S. CHASTANG, *Entomophaga*, 7, 1962, p. 175-179.

(*I. N. R. A., Laboratoire de Cytopathologie, Saint-Christol.*)

EMBRYOLOGIE. — *Note préliminaire sur l'action du cyclophosphamide (endoxan) sur le développement de l'embryon.* Note (*) de MM. **Pierre Gerlinger, Jean Victor Ruch** et **Jean Clavert**, présentée par M. Robert Courrier.

L'endoxan (N, N-bis-(β-chloréthyl) N'O-propylène phosphoramide) injecté dans l'albumen d'œufs de poule avant leur mise en couveuse provoque un effet tératogène important caractérisé par une hypotrophie importante, une brachymélie très marquée surtout au niveau des membres postérieurs, un bec de perroquet, une absence des paupières, et des lésions viscérales en particulier cardiaques.

L'endoxan, par son pouvoir antimitotique allié à une faible toxicité, connaît actuellement une grande vogue en cancérologie. Des travaux antérieurs [H. Arnold, F. Bourseaux et N. Brock, 1958 ([1]); G. E. Foley, O. M. Friedman et B. P. Drolet, 1960 ([2])] ont montré que le cyclophosphamide est rendu actif, au niveau des cellules en croissance et riches en phosphatase et phosphamidase, par rupture du groupe cyclique phosphorilé et l'ionisation du chlore du groupement chloréthyl. Il y aurait alors blocage de groupements existant dans les protéines et le DNA, et perturbation des divisions mitotiques.

Il nous a de ce fait paru intéressant d'étudier l'effet de ce produit sur le développement de l'embryon de poulet. Notons que Mlle B. Salzberger (1962) ([3]) a obtenu des embryons de poulet phocomèles unilatéraux par injection directe d'ypérite à l'azote au stade 17-23 somites.

Nous avons injecté 1/10 *de milligramme d'endoxan frais*, non hydrolysé, dissous dans 1/5 de millilitre de milieu de Tyrode, au petit bout dans l'albumen d'œufs répartis en plusieurs séries et incubés à 38° pendant un temps variable. Cette injection fut pratiquée avec une aiguille fine à moins de 1 cm de profondeur avant la mise en couveuse.

Nous avons observé les résultats suivants :

La dose utilisée peut être considérée comme DL_{50} à 7 jours, et les embryons vivants sont tous comparables aux témoins.

Au 11e jour la mortalité est de 60 %, et parmi les embryons vivants nous avons dénombré 34 % de monstres présentant : un hypotrophisme considérable, une brachymélie postérieure importante et antérieure plus discrète portant sur tous les segments des membres, ces deux critères étant absolument constants. Dans presque tous les cas on note en plus l'existence d'un bec de perroquet, l'absence de paupières, une queue diminuée de taille, des lésions viscérales en particulier cardiaques, les plus atteints enfin présentaient un important œdème sous-cutané du bassin, mais il semble que ce soit là un stade terminal de leur évolution. Ces critères sont objectivés non seulement par l'étude comparative des embryons injectés avec les témoins de même âge, mais également avec les témoins de même poids.

Devant la constance et l'importance (34 %) de ces modifications à travers toutes les séries réalisées, nous pensons devoir les considérer comme des « malformations typiques de l'endoxan » dans nos conditions expérimentales.

Il faut ajouter à cette catégorie 25 % d'embryons injectés qui présentent des malformations très diverses, réalisant tous les stades intermédiaires entre les monstres typiques et les embryons apparemment normaux, à savoir hypotrophisme léger, torsions des membres, malformations articulaires et absence de paupières.

Au 12e jour 47 % des embryons injectés et vivants sont anormaux dont 30 % de monstres typiques.



Photographie de quatre embryons de poulet de 11 jours comprenant à droite un témoin, et à gauche trois monstres typiques.

Au 14e jour la mortalité est de 77 %, et parallèlement à l'accentuation de l'hypotrophisme et de la léthalité, nous ne trouvons plus que 20 % d'embryons anormaux, dont plus aucun monstre typique.

Il ressort de cette étude, *d'une part l'important pouvoir tératogène de l'endoxan dans nos conditions expérimentales, d'autre part la grande constance des anomalies observées.*

Afin de préciser l'hypotrophisme global de tous les embryons injectés nous avons établi une courbe de poids de ceux-ci et des témoins en fonction de l'âge. Nous avons pesé les embryons globalement après leur fixation au Bouin, et divisé le poids obtenu au 1/20e de gramme près par le nombre des embryons pesés.

Jusqu'au 7e jour les poids sont identiques (0,40 g en moyenne le 7e jour).

Au 11e jour le poids moyen des témoins est de 2,20 g, celui des embryons injectés de 1,60 g.

Cet écart des poids continue à s'accroître les jours suivants, et nous trouvons au 14e jour respectivement pour les témoins et les embryons injectés : 4,89 et 3,17 g; et dans le même ordre au 16e jour : 13,90 et 5,90 g.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) H. ARNOLD, F. BOURSEAUX et N. BROCK, *Naturwiss.*, 45, 1958, p. 64-66.

(2) G. E. FOLEY, O. M. FRIEDMAN et B. P. DROLET, *Proc. Amer. Ass. Canc. Res.*, 3, III, 1960.

(3) B. SALZBERGER, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3591.

(*Institut d'Embryologie, Faculté de Médecine, Strasbourg.*)

EMBRYOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Degré de tolérance dans la greffe en parabiose chez les Amphibiens.* Note (*) de Mlle **Denise Huchon**, présentée par M. Robert Courrier.

Une série de greffes en parabiose a été pratiquée chez diverses espèces d'amphibiens selon des associations hétéro- et homo-spécifiques. Des effets d'intolérance de degré variable s'observent, selon la nature des espèces mises en parabiose. La tolérance s'observe seulement dans les associations homologues.

Les expériences de Burns (1925) (1), Witschi (1927, 1931) [(5), (6)] ont montré qu'au stade du bourgeon caudal, auquel est pratiquée la mise en parabiose, la soudure des deux germes était possible, s'il s'agit de deux individus de même espèce. Le couple parabiontique se développe bien et peut franchir le stade de la métamorphose. Il en va de même pour un petit nombre d'associations entre deux espèces ou deux genres différents (*Ambystoma tigrinum* × *A. jeffersonianum*, *A. tigrinum* × *Triturus torosus*) (7). Ces faits établissent qu'aux stades initiaux du développement, il existe une tolérance assez étendue à la greffe en parabiose entre deux organismes embryonnaires. Dans les expériences citées, les auteurs ayant en vue les interactions qui s'exercent au cours de la différenciation sexuelle se sont évidemment attachés aux combinaisons viables.

Pratiquant la mise en parabiose entre diverses espèces d'Amphibiens appartenant à des genres et espèces d'Europe (sauf *Xenopus*), j'ai observé une série de phénomènes d'intolérance, d'intensité variable, selon les espèces associées, l'opération étant faite au stade du bourgeon caudal.

Les principaux résultats sont les suivants :

1. *Intolérance totale.* — Elle est définie par le fait que l'association ne survit pas à l'opération et se traduit par la destruction immédiate de l'un des partenaires, celui-ci appartenant toujours à la même espèce. Le cas typique est présenté par l'association *Pelobates cultripes* × *Discoglossus pictus*. Sur 30 opérations effectuées, il a été constaté que les deux partenaires ne se soudaient pas. L'embryon de Discoglosse meurt, celui de Pélobate survit. Appartiennent à ce type d'autres associations : *Pelobates cultripes* × *Bombina variegata* (20 opérations), *Pelobates cultripes* × *Pleurodeles waltlii* (20 opérations). Dans celles-ci, c'est l'embryon de Pélobate qui survit.

2. *Intolérance partielle.* — La greffe s'effectue aisément, la cicatrisation des deux germes est bonne, mais après un délai variable, l'un des deux parabiontes ou les deux meurent. Le temps de survie des parabioses permet d'établir des degrés dans l'intolérance partielle.

1° Dans la plupart des combinaisons hétérologues le délai de survie ne dépasse pas la fin de la vie embryonnaire, marquée par l'éclosion.

a. Dès le deuxième jour post-opératoire, l'association *Bufo bufo* × *Pelobates cultripes* manifeste l'apparition de nécroses sur l'embryon de Pélobate. Trois jours plus tard celui-ci est détruit. L'embryon de crapaud cicatrise et survit. Les résultats ont été constants pour les 92 couples réalisés.

b. L'intolérance entraîne la destruction des deux partenaires. C'est le cas de l'association *Pelobates cultripes* × *Xenopus laevis*.

Le germe *Xenopus* est très généralement atteint de nécroses le premier. Sur 31 opérations, nous avons constaté que la survie n'excède pas trois jours. A ce type d'intolérance se rattachent, avec quelques variantes, les associations suivantes :

Pelobates cultripes × *Rana temporaria* (25 opérations).
Bombina variegata × *Pleurodeles waltlii* (24 »).
Discoglossus pictus × *Pleurodeles waltlii* (20 »).
Xenopus laevis × *Pleurodeles waltlii* (36 »).

Pour la première de ces combinaisons, 24 h après l'opération le germe de grenouille est entièrement nécrosé. Dans les trois autres, la survie atteint 10 à 20 jours.

2° L'intolérance est plus ménagée. Elle ne s'exprime qu'au cours de la phase larvaire. Appartiennent à ce type deux associations :

Rana temporaria × *Bombina variegata* (21 opérations).
Rana temporaria × *Xenopus laevis* (20 »).

Les représentants du premier couple vivent environ 40 jours. Leur croissance est ralentie, ils se nourrissent mal, dépérissent et meurent. Dans le deuxième cas, la larve de Xénope ayant involué, le têtard de grenouille parvient seul à la métamorphose.

3° La métamorphose est atteinte, mais les couples parabiontiques meurent à ce stade critique. Ces couples sont hétérologues ou homologues :

Bombina variegata × *Discoglossus pictus* (60 opérations).
Bufo bufo × *Bufo bufo* (20 »).
Pelobates cultripes × *Pelobates cultripes* (104 »).

Si 10 % seulement des parabioses hétérologues (*Bombina* × *Discoglossus*) arrivent au stade létal après deux à quatre mois de survie, 40 % des couples (*Pelobates* × *Pelobates*) et 50 % des couples (*Bufo* × *Bufo*) y parviennent respectivement après six et quatre mois de vie larvaire.

3. *Tolérance*. — Elle est caractérisée par le fait que les animaux unis en parabiose deviennent adultes. Seules les associations homologues suivantes présentent cette tolérance :

Rana temporaria × *Rana temporaria* (49 opérations).
Bombina variegata × *Bombina variegata* (30 »).
Discoglossus pictus × *Discoglossus pictus* (100 »).

Certains couples ont été élevés un an (*Bombina*, *Rana*).

Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus pour d'autres espèces par Reverberi (1939) [4], Cotronei et Urbani-Mistruzzi (1946, 1948) [[2], [3]].

Ainsi pour une série d'espèces et de genres, il apparaît que les associations hétérologues ne sont pas viables. La tolérance n'est observée que dans quelques associations homologues. Il existe des degrés dans l'intolérance.

Ces observations suggèrent que dans les mécanismes qui interviennent lors de la différenciation sexuelle des couples parabiontiques d'Amphibiens, il convient peut-être de considérer l'interférence des effets liés aux phénomènes de tolérance.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) R. K. BURNS, *J. Exp. Zool.*, 42, 1925, p. 31-90.
(2) G. COTRONEI et L. URBANI-MISTRUZZI, *Rend. Acc. Naz. Lincei*, 1, 1946, p. 869-872.
(3) G. COTRONEI et L. URBANI-MISTRUZZI, *Rend. Acc. Naz. Lincei*, 4, 1948, p. 173-180.
(4) G. REVERBERI, *Arch. Zool. Ital.*, 26, 1939, p. 249-279.
(5) E. WITSCHI, *Biol. Bull.*, 52, 1927, p. 137-146.
(6) E. WITSCHI, *J. Exp. Zool.*, 58, 1931, p. 113-145.
(7) E. WITSCHI et H. M. MAC CURDY, *Biol. Univ. Calif. Press.*, 1943, p. 657-674.

(*Laboratoire d'Embryologie, Faculté des Sciences de Paris.*)

PHYSIOLOGIE. — *Variations de la teneur du sérum en phosphore minéral selon le mode de prélèvement du sang. La phosphatémie est-elle une constante interspécifique?* Note de Mme **Jeanine Gambier**, Mlle **Yvonne Dupuis**, MM. **Pierre Noël** et **Paul Louis Fournier** (1), présentée par M. Robert Courrier.

Deux faits dominent l'ensemble des données relatives à la teneur du sérum en phosphore minéral, teneur couramment appelée phosphatémie :

1° les diverses espèces de Mammifères ont une phosphatémie très différente d'une espèce à une autre, les valeurs s'échelonnant d'environ 12 mg pour 100 ml pour le Porc à moins de 4 mg chez le Cheval (2);

2° pour les individus d'une même espèce pris dans le même état physiologique, la phosphatémie est assez constante. Ainsi pour l'Homme adulte on a pu donner avec précision une valeur normale de la phosphatémie : 0,036 g/l avec un écart-type de 0,002 (3).

En dépit de la grande valeur et du grand nombre d'analyses dont le phosphore minéral sanguin a fait l'objet, il nous est apparu que les données actuelles relatives à la phosphatémie des diverses espèces doivent être reconsidérées.

Partie expérimentale. — Au cours de l'étude des facteurs d'utilisation du calcium, il a été procédé, à diverses reprises, au dosage de la phosphatémie. Ainsi, il y a deux ans, chez le Rat adulte, bien nourri, en parfait état physiologique, la teneur du sérum en phosphore minéral était très constamment peu différente de 10 mg pour 100 ml (4). C'est la valeur qui, pour le Rat, est généralement proposée (2).

Récemment le même type de recherches a conduit à des résultats très inférieurs à ceux précédemment publiés, la phosphatémie s'établissant très régulièrement à environ 6 mg. L'examen attentif de l'expérimentation ne révélait aucune modification notable des conditions de travail : les rats provenaient du même élevage; la méthode employée pour le dosage du phosphore, celle, classique, de Briggs (5), était la même.

Deux observations fortuites nous ont permis de comprendre les raisons d'une variation si bien ordonnée du phosphore minéral sérique.

1° Cinq rattes âgées de 6 mois ont reçu depuis leur sevrage un régime privé de facteurs d'utilisation calcique. Afin de connaître la teneur de leur sérum en calcium et en phosphore minéral, on prélève quelques gouttes de sang après incision de la queue, l'animal étant très légèrement anesthésié à l'éther. La valeur moyenne de la phosphatémie était de 5,5 mg

(valeurs extrêmes : 5,2; 5,7). A deux mois de là, les mêmes animaux sont sacrifiés par incision du cœur, après avoir été massivement anesthésiés au chloroforme. La phosphatémie est alors de 9,6 mg (extrême : 8; 10,6), L'élévation de la teneur en phosphore est rapportée à ce moment à l'influence tardive d'un régime incomplet.

2° Pour quatre rattes de 9 mois provenant d'un lot homogène, la teneur moyenne du sérum en phosphore est de 5,7 mg (extrêmes : 5; 6,3). La prise de sang était effectuée sous anesthésie légère par incision de la queue. Six jours plus tard, quatre autres rattes du même lot sont sacrifiées, leur sang étant obtenu par incision cardiaque après anesthésie profonde au chloroforme. La phosphatémie moyenne est cette fois de 8,5 mg (extrêmes : 6,8; 9,2). Dans le cas présent, il ne s'agissait plus comme précédemment d'animaux en expérience, mais de rats d'élevage dont le régime, celui de Mme Randoin et Causeret [6] en usage depuis de nombreuses années au Laboratoire, assure parfaitement l'existence de notre souche. Nous avons alors pensé que ces changements systématiques de la phosphatémie pouvaient provenir des différences dans le mode d'obtention du sang. De fait, depuis quelques mois, le prélèvement à la queue sous faible anesthésie avait remplacé l'obtention par sacrifice de l'animal. L'expérience suivante devait corroborer l'influence, sur la phosphatémie, du mode de prélèvement du sang.

3° Huit rats d'élevage de 8 mois sont d'abord très légèrement anesthésiés pour que du sang soit prélevé à la queue. Ils sont soumis aussitôt après à une anesthésie complète au chloroforme, puis sacrifiés par incision cardiaque. Les phosphatémies sont respectivement de 5,8 mg (extrêmes : 5,2; 6,6) et de 9,6 mg (extrêmes : 8; 10,6) selon que le sang est prélevé sous anesthésie légère ou au cours du sacrifice.

Discussion. — Quelle est, compte tenu des observations que nous venons de rapporter, la teneur normal du sérum du Rat en phosphore minéral? C'était, jusqu'ici, une valeur comprise entre 9 et 10 mg pour 100 ml, les animaux étant sacrifiés brutalement. Par un autre mode de prélèvement qui perturbe beaucoup moins l'équilibre fonctionnel de l'animal on obtient des résultats tout aussi réguliers, mais beaucoup plus faibles, compris entre 5 et 6 mg. Ces dernières valeurs ne sont-elles pas plus proches de la phosphatémie réelle?

On pourrait objecter que les différences de concentration du sérum en phosphore ne sont que le reflet de variations dans la teneur en eau du sang. La détermination du calcium sérique, qui était notre principal objectif dans la plupart de nos expériences, a permis, par la constance des résultats obtenus quel que soit le mode de prélèvement, d'écarter l'objection. Mieux vaudrait admettre que le Rat réagit fortement à l'agression violente dont il est l'objet en libérant de l'énergie et finalement du phosphore minéral par dégradation des esters phosphoriques.

Est-ce à dire, réciproquement, que tout accroissement de la teneur du sérum en phosphore minéral est un signe d'agression? L'étude des facteurs exogènes et endogènes de l'utilisation du calcium et de la régulation de la phosphatémie offrira peut-être quelque élément de réponse. Mais la question suggère aussi qu'il pourrait être profitable de comparer systématiquement la composition du sang prélevé sur l'animal aussi normal que possible au sang du même animal aussi perturbé que possible.

Les variations de la phosphatémie en fonction du mode de prélèvement du sang permettent de reposer le problème de la teneur en phosphore minéral du sang des diverses espèces de Mammifères.

Dans son étude comparée Kohl (²) classe les espèces d'après la teneur décroissante de leur sérum en phosphore minéral. Dans le premier groupe qui comprend le Porc, le Rat, les bovins d'abattage et la Souris, tous animaux sacrifiés sans ménagement, la phosphatémie, très élevée, est comprise entre 12 et 8 mg. Cependant, bien que sacrifié, le Cobaye a une phosphatémie un peu inférieure à ces valeurs. Dans un second groupe, l'animal, après introduction d'une canule dans la carotide, est saigné à blanc, mais sous très légère anesthésie. La phosphatémie, de valeur moyenne est alors de 6,9 mg pour le Chat, de 5,2 mg pour le Lapin. Un dernier groupe comprend des espèces pour lesquelles le prélèvement de sang est fait sans sacrifier l'animal. Leur phosphatémie est basse. Ainsi le Chien, dont la phosphatémie est de 4,6 mg. Quant au Cheval et à l'Homme, que la prise de sang éprouve peu, la phosphatémie, très basse est, en moyenne, sensiblement la même : respectivement 3,8 et 3,6 mg pour 100 ml. Notons toutefois chez le Cheval, d'importantes différences individuelles.

Conclusions. — En dépit de divergences trop apparentes entre les valeurs de la phosphatémie des diverses espèces de Mammifères, des observations nouvelles relatives à l'influence du mode de prélèvement du sang sur le résultat des dosages permettent raisonnablement de se demander si la phosphatémie n'est pas une constante interspécifique.

(¹) Avec l'assistance de Mˡˡᵉ Huguette Saussay.

(²) P. Kohl, *Composition chimique du sang de Mammifères domestiques et de laboratoire*, Centre d'Études biologiques de l'Hopital Tenon, Paris, 1950.

(³) P. Boulanger, J. Polonovski, F. Tayeau, P. Mandel et C. Biserte, *Biochimie médicale*, 6ᵉ édit., Masson, Paris, 1961.

(⁴) Y. Dupuis, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3427.

(⁵) A. P. Briggs, *J. Biol. Chem.*, 59, 1924, p. 255.

(⁶) L. Randoin et J. Causeret, *Bull. Soc. Sc. Hyg. alim.*, 35, 1947, p. 14.

(*Physiologie des Vitamines*, 16, *rue de l'Estrapade, Paris*, 5ᵉ.)

PHYSIOLOGIE. — *Réactions vaso-motrices de l'arbre vasculaire fœtal au cours de la perfusion de cotylédons placentaires isolés maintenus en survie.* Note (*) de M. **Maurice Panigel**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

La perfusion limitée à l'arbre vasculaire fœtal de cotylédons placentaires humains isolés, a permis de préciser l'activité vaso-motrice à ce niveau de la circulation fœto-placentaire, les réactions aux variations de O_2 et de CO_2 dissous dans le liquide de perfusion et les réponses à des doses suffisantes de médiateurs chimiques ou de drogues vaso-constrictrices (en particulier la 5-hydroxytryptamine).

L'étude des réactions physiologiques de la vascularisation fœtale du placenta humain maintenu en survie par perfusion ([1]) ainsi que celles des artères et de la veine du cordon ombilical isolé [([2]), ([3]), ([4])], doit être complétée par l'enregistrement des réactions vaso-motrices dans l'unité anatomique et physiologique que constitue le cotylédon placentaire isolé. Cette recherche permet seule de préciser à quel niveau l'arbre vasculaire fœto-placentaire réagit le mieux aux variations de la teneur en gaz respiratoires (Oxygène et gaz carbonique) du liquide circulant ainsi qu'aux médiateurs chimiques et substances pharmacodynamiques.

Nous faisons part ici d'une expérimentation qui a porté sur près d'une centaine de placentas humains à terme, soumis à une perfusion maintenant en survie un territoire bien limité à un cotylédon fœtal. On recueille le placenta immédiatement après la délivrance dans un cristallisoir contenant un liquide physiologique hépariné. Un fin tuyau de polyvinyl est introduit sur la plaque choriale dans une des ramifications des artères ombilicales et on le fait progresser jusqu'à l'origine du petit rameau « perforant » irriguant un cotylédon; on ligature ensuite toutes les ramifications artérielles voisines. Le cathétérisme du tronc veineux cotylédonaire s'effectue de la même manière en le faisant précéder si nécessaire d'un lavage-perfusion préliminaire permettant d'identifier le ou les vaisseaux où s'effectue le reflux veineux et d'isoler les ramifications correspondantes. La perfusion proprement dite se déroule alors suivant le protocole expérimental que nous avons déjà établi pour le maintien en survie des vaisseaux du cordon ombilical et en utilisant la même instrumentation (pompe de Lillehei) ([2]).

Cette technique limitant la perfusion à un cotylédon isolé présente de nombreux avantages; elle permet en particulier, de ne consommer que des quantités restreintes de liquides physiologiques comme le sang humain et le plasma qu'il convient de renouveler constamment lors des expérimentations prolongées. La pression sous laquelle nous effectuons la perfusion pulsatile est d'ordinaire, à l'entrée du rameau artériel cotylédonaire de 30

à 40 mm de mercure. Dans ces conditions, il s'établit un débit variant de 15 à 80 ml/mn suivant les dimensions du cotylédon et la nature du liquide de perfusion utilisé. Ce débit apparaît être considérable si l'on tient compte du rapport du volume de la zone isolée au volume du placenta entier. Toutes ces perfusions sont établies en circuit ouvert, les liquides physiologiques étant renouvelés constamment (Ringer glucosé tamponné, Ringer additionné de 6 °/₀₀ de Dextran, liquide physiologique de Krebs, plasma humain citraté ou hépariné). L'utilisation du sang humain hépariné ne se révèle pas satisfaisante pour l'étude des réactions vaso-motrices; il se produit en effet spontanément, une hausse progressive de la pression, ce phénomène semblant dû à la sédimentation de globules rouges dans les réseaux capillaires des villosités.

Action de l'oxygène et du gaz carbonique. — L'enrichissement du liquide de perfusion en CO_2, tout en accroissant légèrement le débit, n'a d'ordinaire que peu d'effet sur la pression et inhibe l'action des substances vaso-constrictrices comme la 5-hydroxytryptamine. L'augmentation de l'oxygène dissous provoque par contre une hausse marquée de la pression avec une sensibilité accrue aux drogues vaso-constrictrices. Le barbotage constant de gaz « carbogène » (95 % O_2 + 5 % CO_2) dans le réservoir au départ de la perfusion, permet de maintenir de façon prolongée une certaine stabilité du débit et de la pression.

Action des substances pharmacodynamiques. — La 5-*hydroxytryptamine* injectée dans le circuit en une dose unique, amène une forte vaso-constriction à partir de 50 µg. Dans les mêmes conditions, l'*adrénaline* ne provoque de hausse de pression qu'à partir d'une dose considérable s'élevant à 500 ou 1000 µg; par contre, la *dihydro-ergotamine* et la *méthyl-ergobasine*, substances également vaso-constrictrices, agissent respectivement à des doses égales à 100 et 20 µg.

Conclusions. — En prenant comme critère de réactivité, l'action de la 5-hydroxytryptamine, on peut constater que la musculature des petits vaisseaux fœto-placentaires au niveau du cotylédon, est bien moins sensible à l'action des substances pharmacodynamiques que la paroi musculaire des gros vaisseaux artériels et veineux du cordon ombilical. Tandis que veines et artères ombilicales isolées réagissent de façon spectaculaire à des doses de l'ordre de 0,25 µg de 5-hydroxytryptamine, il faut atteindre 25 µg pour que, dans les cas les plus favorables, s'enregistre une hausse de la pression à l'entrée du rameau artériel cotylédonaire. Il convient également de souligner que si l'on introduit la 5-hydroxytryptamine non plus directement dans le circuit fœtal, mais dans le bain « maternel » (liquide du cristallisoir où baigne le cotylédon isolé), il faut utiliser des doses considérables de 5-hydroxytryptamine (1 mg et plus) pour observer une vaso-constriction sur le tracé d'enregistrement de la pression. La « barrière placentaire » au niveau des cotylédons en survie (vraisem-

blablement le syncytium trophoblastique) paraît contrôler la diffusion de substances toxiques comme la 5-hydroxytryptamine et amener par son inactivation une réduction considérable du pouvoir vaso-constricteur.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) M. MAYER, M. PANIGEL et R. TOZUM, *Gynec. et Obst.*, 58, 1959, p. 391-397.

(2) M. PANIGEL, *J. Physiol.*, 51, 1959, p. 941-969.

(3) M. PANIGEL et M. MAYER, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 1031.

(4) M. PANIGEL, *C. R. Soc. Biol.*, 153, 1959, p. 1441-1443.

(*Unité de Physiologie placentaire,*
I. N. H. à l'Hôpital Saint-Antoine
et *Laboratoire d'Évolution de la Faculté des Sciences de Paris,*
105, *boulevard Raspail.*)

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Le potentiel électrique de la muqueuse olfactive de Poissons, du Veau et du Porc, en fonction de la concentration de solutions aqueuses olfactives.* Note (*) de M. **Erwin Heintz**, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

Étude comparative, en fonction de la concentration de solutions olfactives liquides prises comme stimuli, entre le potentiel électrique mesuré sur la muqueuse olfactive et le comportement de Poissons (attractions et répulsions). Mise en évidence, aux concentrations moyennes, d'une zone d'anomalies du potentiel correspondant à la zone des concentrations où le comportement est attractif. On trouve des anomalies identiques avec les muqueuses du Veau et du Porc.

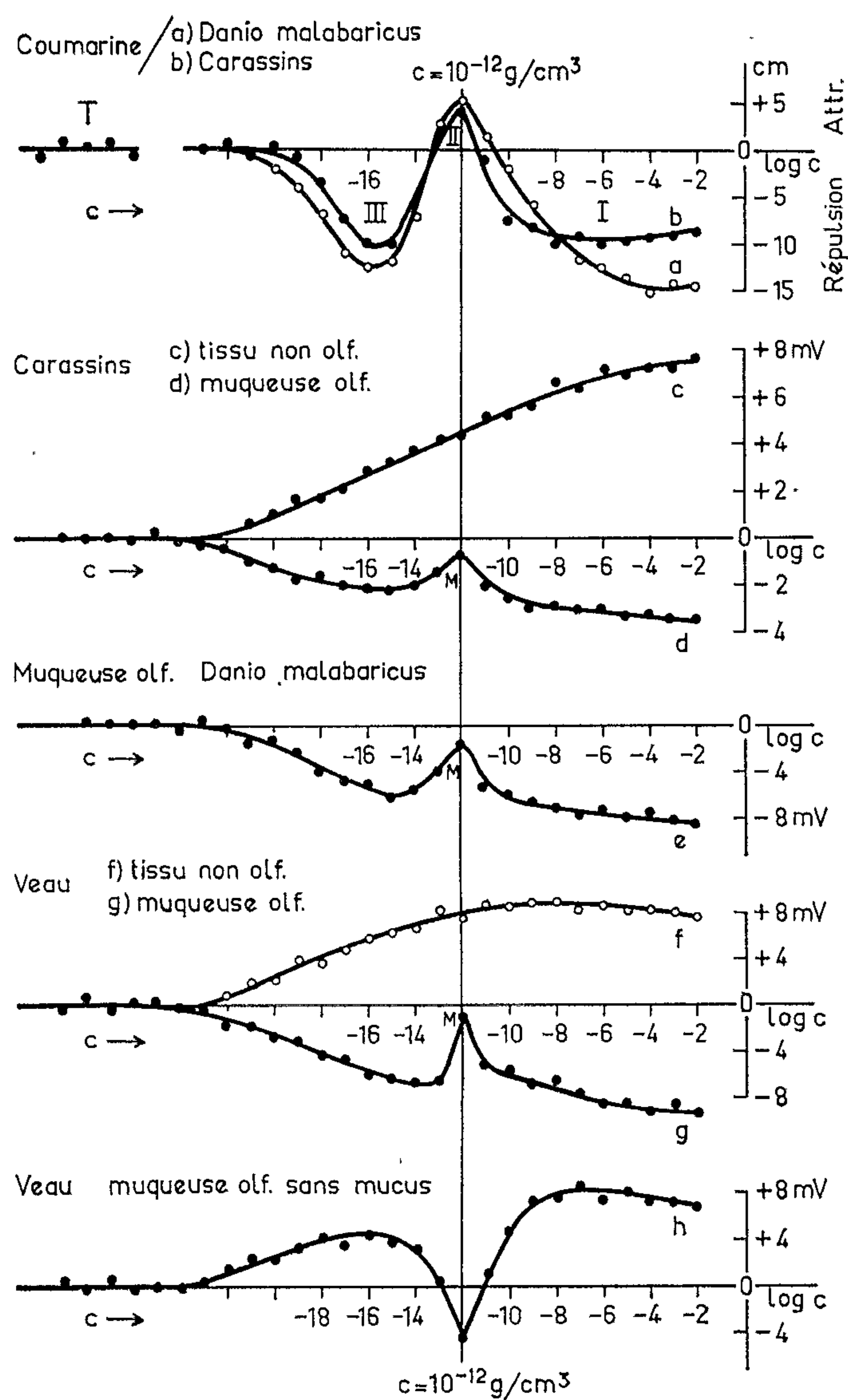
Dans une Note précédente, nous avons montré ([1]), que le comportement de Poissons, sous l'influence de substances odorantes en solutions aqueuses est répulsif pour les fortes et les très faibles concentrations (zones I et III) et attractif pour les concentrations moyennes (zone II). Nous nous sommes alors demandé s'il existe une relation entre ce comportement et le potentiel électrique enregistré sur la muqueuse olfactive et si les courbes des réponses électriques vont être les mêmes pour les Poissons que pour les Mammifères (Veau et Porc).

En 1956, Ottoson ([2]) a montré qu'en appliquant sur une muqueuse olfactive en un point sensible A une électrode impolarisable capillaire, on enregistre, par rapport à une électrode de référence B une dépolarisation au moment où une bouffée d'air odorant affecte la muqueuse en A. Dans notre cas, où le stimulus est une solution liquide, et non un gaz; nous nous sommes servi de la méthode d'Ottoson en la modifiant comme suit. On détermine d'abord le niveau de polarisation entre A et B en plaçant en A au point de contact de l'électrode avec la muqueuse, une petite goutte du solvant. On obtient ainsi, avec de l'eau comme solvant, un potentiel V_0 (millivoltmètre Tacussel à résistance d'entrée très élevée : $10^{14}\ \Omega$). En aspirant la goutte, et en la remplaçant par une goutte de solution odorante, de concentration c, on obtient un potentiel plus faible V_c. La différence $V = V_0 - V_c$ représente la dépolarisation causée par la substance odorante.

Nous avons mesuré de cette façon les mêmes substances odorantes (coumarine, vanilline, nitrobenzène, acide acétique, ClH, iode) diluées par la méthode des dilutions successives, et avec lesquelles nous avions déterminé le comportement de Poissons ([1]). Toutes les mesures ont été faites *in vitro* sur des muqueuses olfactives fraîches en commençant par les concentrations les plus faibles.

Résultats. — Pour toutes les substances, et pour toutes les concentrations, les potentiels V sont négatifs et en fonction de la concentration c la dépolarisation augmente en première approximation proportionnellement avec log c, excepté pour une zone de concentrations moyennes où il y a

anomalie avec un maximum M (courbes *d*, *e* et *g* de la figure où sont représentées les dépolarisations obtenues avec la coumarine). Les courbes obtenues sont spécifiques pour la partie sensible de l'épithélium olfactif recouvert de mucus car : 1° en remplaçant la muqueuse par un tissu quelconque de l'animal, le potentiel devient positif (courbes *c* pour les Carassins



En abscisses pour toutes les courbes : concentration en log *c* de la coumarine comme stimulus.
Courbes *a*, *b* : Comportement (répulsions et attractions) de *Danio malabaricus* et des Carassins.
« *d*, *e*, *g* : Potentiel négatif des muqueuses olfactives des Carassins, de *Danio malabaricus* et du Veau.
« *c*, *f* : Tissus non olfactifs, Carassins et Veau.
« *h* : Potentiel de la muqueuse olfactive du Veau sans mucus.

et *f* pour le Veau); 2° en débarrassant la muqueuse olfactive du Veau de son mucus, l'allure de la courbe se trouve changée, elle devient positive pour les très faibles et les fortes concentrations et négative dans la zone d'anomalie (courbe *h*). Les dépolarisations négatives sont également spécifiques pour les solutions aqueuses odorantes. Avec une substance non odorante, NaCl par exemple, les potentiels sont positifs.

De la comparaison des courbes à potentiel négatif des Poissons (courbes *d* et *e*), avec les courbes du comportement (courbes *a* et *b*), on déduit qu'aux répulsions des très faibles et des fortes concentrations (zones III et I et courbes *a* et *b*) correspondent des potentiels négatifs quasi linéaires, et aux attractions des concentrations moyennes (zone II) correspondent les anomalies, le maximum de chaque anomalie coïncidant avec le maximum de l'attraction de la zone II. Il existe donc une nette correspondance entre le potentiel sur la muqueuse olfactive et le comportement des Poissons. Cependant l'allure simple des courbes du potentiel toujours négatif avec une anomalie négative elle aussi, ne permet pas d'expliquer le changement du comportement lors du passage de la répulsion à l'attraction. Mais il est important de remarquer que les concentrations qui correspondent pour une substance olfactive donnée aux maximums des anomalies des courbes du potentiel sont exactement les mêmes qu'il s'agisse de Poissons (*Danio malabaricus*, *Carassius carassius*, *Rhodeus amarus*) ou du Veau ou du Porc (10^{-12} g/ml pour la coumarine indiqué par un trait vertical passant par les courbes). Cette coïncidence des zones des anomalies chez des animaux aussi différents semble être un premier indice que les anomalies — ainsi que les attractions correspondantes chez différents Poissons — ne dépendent pas de l'espèce animale. Elles sont dues, comme des expériences en cours le montrent, à des propriétés physicochimiques particulières des solutions employées.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(¹) E. Heintz, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2283.

(²) D. Ottoson, *Acta physiol. Scand.*, 35, suppl., 122, 1956.

(*Laboratoire de Psychologie animale, Institut de Zoologie, Université de Strasbourg.*)

BIOLOGIE. — *Localisation et nature des pigments des Mantes religieuses.* Note (*) de Mme **Monique Passama-Vuillaume**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une Note précédente, j'ai indiqué que je n'avais jamais observé de transformation de larves brunes de Mante religieuse en larves vertes. Afin de comprendre ce phénomène, j'ai essayé de l'étudier *in situ* d'une part par dissection sous loupe binoculaire et, d'autre part, par vérification des résultats obtenus sur des coupes à congélation. Une ouverture médiodorsale de l'abdomen de Mante brune met en évidence, sur les sternites et tergites, une membrane trachéenne dont la partie la plus interne est bourrée de pigment jaune vif, surtout au niveau des tergites (c'est la couche n° 1). Seuls les deux premiers anneaux abdominaux montrent une membrane dépigmentée blanchâtre. Sous cette première couche on distingue une deuxième colorée en brun roux (couche n° 2); le pigment s'y rencontre en grande quantité dans les sternites de façon beaucoup plus diffuse dans les tergites. Cette couche repose directement sous la cuticule (couche n° 4) qui est de teinte beige.

On retrouve ces deux couches chez les Mantes vertes. Seulement sur les deux premiers anneaux abdominaux s'étend une membrane pigmentée de bleu vert très pâle (on peut même rencontrer ce pigment tapissant entièrement l'abdomen de quelques individus), et entre la couche pigmentaire brune et la cuticule prend place un tissu renfermant le pigment vert (couche n° 3). Si l'on continue l'incision médiodorsale le long du thorax, on retrouve les couches pigmentaires brunes et vertes chez les Mantes vertes, brunes chez les Mantes brunes, presque aussi fournies et épaisses dans les sternites, très fines et pauvres en pigment dans les tergites, surtout quand il s'agit du pigment brun. Il semble donc qu'il y ait une relation entre cuticule et quantité de pigments hypodermiques : plus la cuticule est épaisse et dure moins il y a de pigments hypodermiques.

D'autre part, chez toutes les Mantes vertes ainsi que chez la plupart des Mantes brunes, apparaît dans les muscles thoraciques le pigment bleu vert. Ces observations permettent une bonne interprétation des résultats expérimentaux obtenus précédemment, et surtout elles expliquent que le changement de coloration se fasse dans un seul sens, du vert vers le brun, puisque seule la Mante verte possède ces deux potentialités et qu'il suffit alors d'une destruction du pigment vert pour laisser place nette au pigment brun roux sous-jacent.

Une fois ce stade d'observation atteint et les premières conclusions acquises, il convenait de rechercher le mécanisme biochimique de ces phénomènes et d'analyser la nature des pigments en procédant à différentes expériences.

1. *Extraction des différents pigments par quelques solvants organiques.* — Quatre types de tissus pigmentaires ont été séparés : tissus à pigment jaune, bleu vert, et brun, les couches brunes et vertes des Mantes vertes ne pouvant être détachées l'une de l'autre ont été étudiées ensemble. Dans tous les cas il y a eu dissolution. Elle est complète dans le cas des deux premiers pigments, partielle en ce qui concerne le pigment vert et surtout le brun ([1]).

2. *Caractérisation des caroténoïdes.* — Une goutte d'acide sulfurique déposée sur les sternites abdominaux d'une Mante verte, au lieu de donner une coloration bleue (caractéristique des caroténoïdes) ([4]) au pigment vert, le détruit immédiatement, mettant à nu sans le détruire le pigment brun roux sous-jacent. Même réaction négative des sternites des Mantes brunes.



Fig. 1. — Coupe au niveau des sternites abdominaux de Mante Brune.



Fig. 2. — Coupe au niveau des sternites abdominaux de Mante Verte.

Les pigments jaunes et bleu vert sont immédiatement détruits au contact de l'acide sulfurique. Nous ne sommes donc pas en présence de caroténoïdes.

3. *Recherches des Ptérines.* — Le pigment sous-hypodermique jaune ou celui qui lui est quelquefois substitué, c'est-à-dire le pigment bleu vert, serait-il des Ptérines ?

D'une part, ces pigments sont solubles dans les solvants des corps gras et, d'autre part, ils ne se dissolvent ni dans l'ammoniaque ni dans la soude. Il faut donc abandonner cette hypothèse ([3]).

4. *Caractérisation des ommochromes.* — Il convenait enfin de rechercher la présence d'ommochromes. Une extraction grossière du pigment par broyage des couches brunes et des couches brunes et vertes, donne dans du méthanol acidifié une solution orangé rouge. En ajoutant à cette solution un oxydant, on obtient un précipité jaune dans une solution jaune. Si on lui additionne un réducteur, on conserve la solution jaune mais le précipité vire lentement à l'ocre rouge. Ces caractères suffisent à indiquer la présence d'un ommochrome ([2]). Par contre, le pigment jaune et le pigment bleu vert se dissolvent tout simplement dans le méthanol acide et ne sont donc pas des ommochromes.

Des recherches chromatographiques et spectrophotométriques sont actuellement entreprises afin d'élucider la nature exacte des pigments jaune, bleu vert, vert, et surtout de l'ommochrome.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) CHAUVIN, *Comptes rendus*, 211, 1940, p. 339; *Ann. Soc. Ent. France*, n° 110, 1941.

(2) Z. FUZEAU-BRAESCH, *Étude biologique et biochimique de la pigmentation d'un insecte :* Gryllus Bimaculus, 1960.

(3) T. W. GOODWIN, *The comparative biochimistry of the carotenoïds*, Chapaman and Hall, London, 1952; *Ann. Rev. Bioch.*, 507, n° 24, 1955.

(4) J. VERNE, *Les pigments dans l'organisme animal*, Doin, Paris, 1926.

(*Laboratoire de Zoologie et de Biologie générale, Faculté des Sciences, Montpellier.*)

BIOLOGIE. — *Action de la 5-fluorodésoxyuridine et de la ribonucléase sur le rythme de ponte des Drosophiles.* Note (*) de Mme **Nadine Plus**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

La 5-fluorodésoxyuridine ou FUDR est un analogue de la thymidine qui inhibe spécifiquement les synthèses de DNA; l'inhibition est levée par l'addition de thymidine, à des doses indépendantes de celles de l'analogue. Cohen [1] a montré que, chez le Colibacille, l'inhibition était causée par la forme phosphorylée de la FUDR, la FUDRP, qui inactive la thymidylate synthétase, enzyme qui catalyse la transformation de l'acide urydilyque en acide thymidylique. Dans la présente Note, sont présentés des résultats concernant l'action de la FUDR sur les Drosophiles adultes.

La FUDR ne cause aucun dommage apparent aux imagos, même injectée plusieurs fois à des doses importantes. Cette innocuité provient de l'absence de mitoses dans les tissus somatiques de l'Insecte adulte. Par contre,

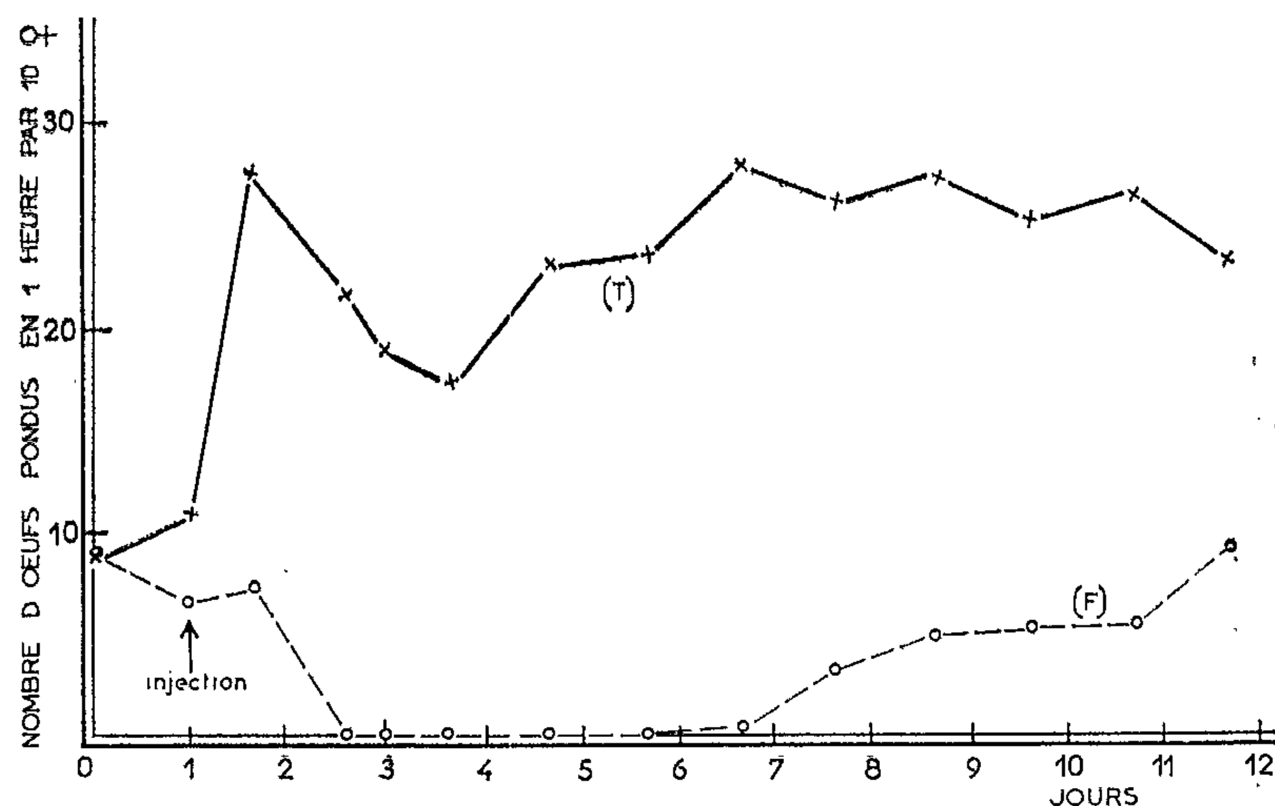


Fig. 1. — Inhibition retardée de la ponte des Drosophiles femelles provoquée par une inoculation de FUDR.

Courbe T : Variation du rythme de ponte d'un lot témoin de six femelles inoculées avec du saccharose isotonique.

Courbe F : Variation du rythme de ponte d'un lot de six femelles sœurs inoculées avec du saccharose isotonique additionné de 2 % de FUDR.

la lignée germinale est normalement le siège d'une prolifération cellulaire intense; c'est donc sur le rythme de ponte des femelles qu'il doit être possible d'observer l'action de la drogue. La figure 1 représente les résultats d'un tel essai. La courbe (T) montre, tout d'abord, les variations du rythme de ponte d'un lot témoin de six femelles âgées de 2 à 3 jours, injecté avec une solution isotonique de saccharose. La courbe (F) représente l'évolution correspondante de la ponte de six autres femelles sœurs injectées avec la même solution sucrée additionnée de 2 % de FUDR,

soit 7 μg par mouche pesant 1 mmg environ. On voit que les femelles traitées pondent encore un peu durant les deux jours qui suivent l'injection, puis s'arrêtent complètement pendant quatre jours; la ponte reprend ensuite, mais ne remonte cependant pas au niveau du témoin. Une observation supplémentaire est que les œufs pondus pendant les deux premiers jours ne se développent pas. Cinq expériences de ce type ont donné des résultats identiques. L'arrêt de la ponte observé est toujours total et sa durée est à peu près proportionnelle à la quantité de FUDR injectée aux femelles.

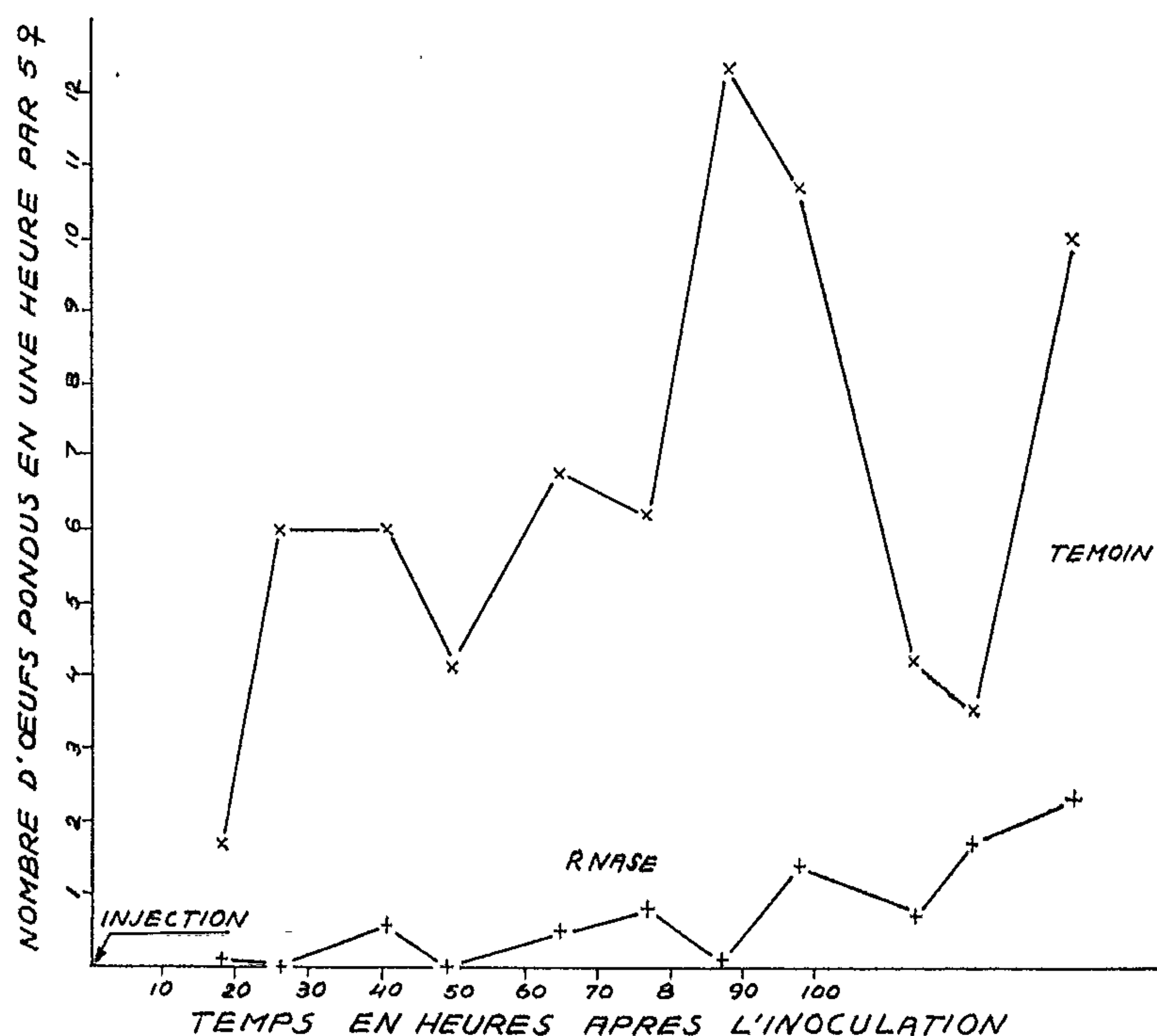


Fig. 2. — Inhibition immédiate de la ponte des Drosophiles femelles provoquée par une inoculation de 0,25 μg de Rnase.

L'ovogenèse de la Drosophile peut être schématiquement divisée en deux périodes : la première comprend les quatre divisions donnant naissance aux 15 cellules nourricières et à l'ovocyte I, la première partie de la méiose de cet ovocyte et la différenciation des cellules nourricières polyploïdes; la seconde, plus courte, comprend le grand accroissement de l'ovocyte, la formation du chorion, la fécondation et la fin de la méiose. La durée totale de l'ovogenèse est de 12 jours environ, à 20°C ([2]), température utilisée au cours de toutes ces expériences. L'ovogenèse comporte donc une période de synthèse intense de DNA durant laquelle, par contre, les synthèses de RNA et de protéines sont peu importantes et une période de synthèse intense de RNA et de protéines durant laquelle il n'y a pas ou presque pas de synthèse de DNA. *A priori*, la première partie doit être très sensible à l'action des inhibiteurs de synthèse de DNA qui doivent

donc provoquer un arrêt retardé de la ponte. C'est par contre, à l'action des inhibiteurs de synthèse de RNA et de protéines que la seconde partie doit être sensible et ceci doit conduire à un arrêt immédiat de la ponte. Cette dernière proposition a été vérifiée expérimentalement en faisant agir la ribonucléase sur les Drosophiles. La figure 2 montre qu'une injection de 0,25 μg de RNase à des femelles pondeuses stoppe instantanément la ponte et que cet arrêt dure au moins trois jours. C'est donc un stade tardif de l'ovogenèse qui est touché par la RNase, vraisemblablement la vitellogenèse de l'ovocyte en grand accroissement. Par contre, nous avons vu que l'inhibition de la ponte provoquée par la FUDR se produit seulement deux jours après l'injection; elle atteint donc vraisemblablement un stade assez précoce de l'ovogenèse qui est peut-être la différenciation des cellules nourricières. Nous avons vu que la FUDR conduit également, pendant les deux jours qui suivent l'inoculation, à la production d'œufs, en apparence normaux, mais qui ne se développent pas. Ces œufs représentent les ovocytes déjà arrivés au deuxième stade de l'ovogenèse au cours duquel les synthèses du DNA sont peu importantes. Ils peuvent donc continuer leur évolution jusqu'à la ponte; l'échec de l'embryogenèse peut être interprété comme résultant de la diffusion de la FUDR dans l'ooplasme et de l'arrêt des mitoses de segmentation qui en résulte. Il semble donc que l'action de la FUDR sur la ponte des Drosophiles apporte deux preuves indépendantes de son effet inhibiteur des synthèses du DNA chez cet Insecte.

Le mécanisme de cette action est cependant plus complexe que celui décrit par Cohen chez *Escherichia coli*. On observe bien, comme chez la Bactérie, une suppression partielle de l'inhibition de la FUDR par l'uridine. Par contre, toutes les tentatives de de lever l'inhibition de la FUDR par la thymidine ont donné des résultats entièrement négatifs. Les faits semblent donc suggérer que le mode d'action de la FUDR n'est pas le même chez la Drosophile et chez les Bactéries et ĉ les cultures de tissu de Mammifères. Cependant, le fait qu'un œuf d'Insecte est une cellule très spéciale, particulièrement complexe, ne confère que peu de rigueur à cette conclusion.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) S. S. COHEN, J. G. FLASKS, H. D. BARNER, M. R. LOEB et J. LITCHTENSTEIN, *Proc. Nat. Acad. Sc. U. S.*, 44, 1958, p. 1004.

(2) G. BRUN, *Thèse*, Paris (sous presse).

(*Laboratoire de Génétique des virus du C. N. R. S., Gif-sur-Yvette, Seine-et-Oise.*)

BIOLOGIE. — *Cycle biologique et métamorphose d'*Eolidina alderi (*Gastéropode, Nudibranche*). Note (*) de M. **Jean Tardy**, transmise par M. Pierre-P. Grassé

Le développement embryonnaire, la métamorphose et la croissance de *Eolidina alderi* ont été suivis pendant plusieurs générations. Les œufs sont riches en vitellus et tout le développement est benthique. La métamorphose s'effectue sans qu'aucun hôte soit nécessaire. L'aspect des premiers stades larvaires de *E. alderi*, suggère que les espèces interstitielles du genre *Pseudovermis* sont des formes d'Eolidiens néoténiques.

La morphogenèse conduit chez les Nudibranches à des organismes « limaciformes » qui s'écartent fortement du type fondamental des Gastéropodes. Les processus de métamorphose sont encore inconnus pour le plus grand nombre, en particulier dans la famille des *Aeolidiidæ*. Dans les recherches que j'ai entreprises sur ce sujet, j'ai pu obtenir et observer le cycle complet d'*Eolidina alderi* (Cocks, 1849).

La validité de cette espèce a été contestée (1), certains auteurs la considérant comme variété d'*Eolidina rubra* (Cantraine, 1835). Mes observations morphologiques et biologiques sur *E. alderi* et *E. rubra* montrent qu'il s'agit de deux espèces bien distinctes. (Ce point de systématique sera envisagé dans une publication ultérieure.)

La ponte forme un cordon muqueux presque cylindrique : de 0,8 à 1 mm de diamètre, relié par une fine membrane transparente de 2 à 3 mm de large, à un ruban enroulé en spirale de 0,5 mm de large et de coloration laiteuse adhérant au substratum.

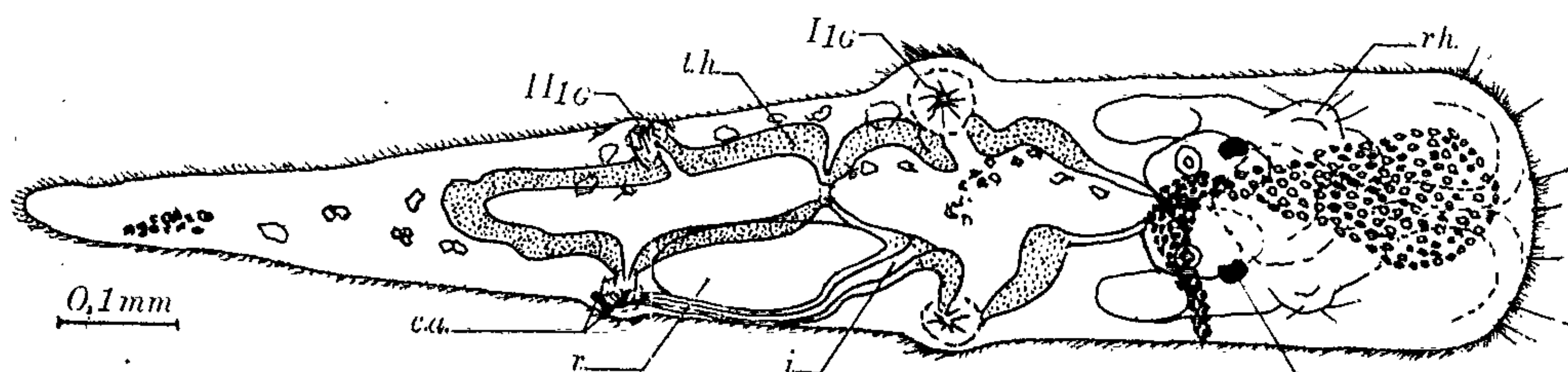
Il y a environ 200 à 1200 œufs par ponte, suivant la taille du géniteur. Chaque œuf ne renferme en général qu'un embryon, exceptionnellement deux. Le diamètre du zygote varie de 280 à 300 μ. Les réserves vitellines sont réparties en très fines particules qui rendent l'observation des processus ontogéniques très difficile aussi bien sur le vivant que sur coupes histologiques. L'éclosion a lieu du 13e jour (à 25°, cycle le plus court) au 20e jour (à 18°, cycle le plus long observé) après la ponte.

A 21°, la larve est complète au bout de 75 h environ; pied et velum forment des bourrelets nets. Les yeux apparaissent le 7e jour; la tache de pigment violet, en forme de virgule, en arrière de l'œil droit apparaît le 8e jour. Le pied de l'animal croît, le velum régresse, l'opercule se détache, tandis que la protoconque, du type C. de Thorson (2), semble se relever avec le manteau sur le dos et surtout du côté droit. Puis la larve se libère de la coque de l'œuf; elle rampe sur son pied qui s'est encore développé; la coquille est très relevée et se détache dans les 2 h qui suivent l'éclosion.

L'étude sur coupes des différents stades, permet de constater qu'il se produit une prolifération différencielle des cellules du bord du manteau donnant le tégument définitif en s'extroversant sur la masse viscérale;

ceci étant surtout marqué du côté droit de la larve. Ces phénomènes sont analogues à ceux qu'a observés Thompson chez *Adalaria modesta* (3) et *Tritonia hombergi* (4).

L'anus est rapidement entraîné vers l'arrière, on peut le repérer facilement sur le vivant grâce aux deux cellules anales qui sont légèrement colorées. De 10 à 12 jours après la perte de la coquille, les larves ne contiennent pratiquement plus de vitellus dans la lumière du tube digestif et des diverticules hépatiques. Elles ont un aspect caractéristique : elles se sont considérablement allongées, passant du type que j'ai appelé « limapontioïde » (5), sans appendice, à un stade différent où apparaissent déjà sous forme de bourrelets les rhinophores, la première paire de papilles du premier groupe (I_1) et la première paire de papilles du deuxième groupe (II_1). Des grains de pigment blanc dessinent une tache allongée en avant et entre les yeux, tandis que de grands prolongements en forme de cils très



Stade pseudovermis d'*Eolidina alderi* :
C. a., cellules anales; i., intestin; rh., rhinophore; t. h., tissu hépatique; y., œil; I_{1G}, première papille gauche du groupe I; II_{1G}, première papille du groupe II.

raides sont apparus sur le mufle et sur les bourrelets rhinophoriques. Cette larve a déjà acquis ses glandes ptyalines qui sont encore courtes et flanquent le bulbe radulaire contenant, entre deux faibles mâchoires, les quatre ou cinq premières dents radulaires étroites, correspondant à la partie médiane d'une dent de l'adulte avec un denticule médian et trois ou quatre denticules latéraux de chaque côté. Les yeux, le système nerveux, les statocystes sont nets; par contre l'intestin est presque invisible, il contourne le rein définitif qui se développe. Cette larve évoque l'aspect d'un *Pseudovermis*, aussi je propose le nom de stade « pseudovermis » pour cet état caractéristique.

La suite de la croissance nécessite l'absorption d'aliments, soit d'*Aiptasia lacerata platifrons*, soit de petits exemplaires de *Metridium senile* ou de *Cereus pedunculatus*.

A ce stade, *Eolidina alderi* résiste très bien aux mauvaises conditions d'aération, comme d'ailleurs les Anémones de mer en général. En outre, les petits récipients d'élevage, présentent certainement un avantage sur les conditions naturelles : les larves non dispersées n'ayant qu'une ou deux Anémones avec elles, se rassemblent toutes autour de leurs proies et forment un véritable manchon; les plus audacieuses l'attaquent. Quelques larves

sont foudroyées par les acontics (surtout dans le cas d'*Aiptasia lacerata platifrons*), mais finalement l'anémone se détache de son support et reste englobée dans une couche de mucus qu'elle sécrète et se rétracte; c'est alors une curée générale à laquelle participent toutes les larves. Bien que tous les individus au stade pseudovermis semblent identiques, l'activité et par suite la croissance de chacun varient largement. Même lorsque les *E. alderi* sont adultes, ils prospèrent bien mieux en groupe qu'isolés; seuls avec leurs proies favorites, ils ont un taux de croissance beaucoup plus faible en général et certains finissent par mourir d'inanition. Ensuite, les jeunes Éolidiens grâce à la nourriture qu'ils absorbent, changent d'aspect : les papilles apparaissent, les rhinophores ont à peine grandi, le mufle s'élargit car il apparaît des bourrelets là où naîtront les palpes. Les plus gros spécimens mesurent alors 1,3 à 1,4 mm. Petit à petit, les cellules des glandes digestives bien visibles, colorées par les pigments de la nourriture ingérée, émigrent dans les diverticules hépatiques, les cérates et sous le tégument, vers l'arrière, tandis que le tissu transparent qui formera l'estomac se met en place. Peu à peu la tache violette s'estompe, tandis qu'un pigment blanc à reflets irisés se localise sur l'extrémité des papilles et sur le dessus de la queue. Le jeune *E. alderi*, même lorsqu'il a atteint 3 mm de long, diffère sensiblement de l'adulte par les proportions de ses appendices : les papilles sont nombreuses mais leur diamètre est très grand par rapport à leur longueur; d'autre part, les rhinophores sont encore courts et les palpes sont de simples moignons; enfin, le bord antérieur du pied est encore arrondi. L'animal acquiert peu à peu les caractères de l'adulte. Au bout de deux mois et demi, au laboratoire, à une température de 20 à 22°, les plus grands individus d'environ 15 mm, sexuellement mûrs, ont commencé à pondre.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) PRUVOT FOL, *Faune de France*, 1951, p. 430.

(2) G. THORSON, *Medd. Komm. Danm. Fisk. Havundersøgelser*. Ser. : *Plankton*, 4, 1946, p. 1-523.

(3) T. E. THOMPSON, *Phil. Trans.* B, 242, 1958, p. 1-58.

(4) T. E. THOMPSON, *Phil. Trans.* B, 245, 1962, p. 171-218.

(5) J. TARDY, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 2242.

(*Laboratoire de Zoologie, Faculté des Sciences, Poitiers.*)

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *La neurosécrétion pendant la régénération postérieure chez* Allolobophora terrestris *Sav. f.* typica. Note (*) de M. **Jean Michon**, transmise par M. Albert Vandel.

La neurosécrétion qui persiste chez *Allolobophora terrestris* Sav. forme *typica* pendant la diapause d'individus entiers, disparaît totalement au cours de la diapause d'individus amputés de leur extrémité postérieure et qui commencent à régénérer celle-ci pendant le passage obligatoire par cet état particulier.

Le Lumbricien *Allolobophora terrestris* Sav. forme *typica* entre dans le groupe biologique pour lequel j'ai proposé le qualificatif d'amphodyname ([1]). Il possède en effet la possibilité d'effectuer son développement post-embryonnaire soit d'une manière *directe*, sans diapause, soit d'une manière indirecte, avec diapause, et ceci selon les conditions de milieu, comme j'ai pu le démontrer expérimentalement.

Il présente en outre une particularité fort importante dont la découverte est due à Abeloos et Avel ([2]) : il ne peut régénérer une portion amputée de son extrémité postérieure que s'il entre dans cet état spécial appelé diapause.

Les recherches qui m'ont fourni le moyen de provoquer à volonté cet état, par dessication ménagée du milieu d'élevage, ont rendu possible l'étude expérimentale de la diapause et celle de la régénération postérieure qui lui est obligatoirement liée dans le cas considéré.

Je me suis proposé notamment de rechercher l'existence et les variations possibles d'une neurosécrétion. Dans une première série d'expériences, j'ai pu décrire ([3]) chez le Lumbricien entier en diapause, deux types de cellules neurosécrétrices *a* et *b* dans les ganglions cérébroïdes. J'ai pu constater en outre la persistance de la neurosécrétion, avec la même intensité et les mêmes caractères essentiels que chez les animaux témoins chez lesquels je n'avais pas d'éclenché la diapause.

Dans une nouvelle série d'expériences, j'ai cherché à compléter les résultats précédents, en examinant ce que devient la neurosécrétion pendant la diapause d'animaux se trouvant à la fin de la phase préclitellaire, mais amputés cette fois de leur partie terminale. Le nombre des segments enlevés a varié entre 30 et 50 chez les vingt individus opérés. Ceux-ci furent replacés dans de la terre argileuse humide, mais dont l'humidité ne devait plus être entretenue. Les mêmes conditions de dessiccation ménagée furent réalisées pour un second lot de 20 animaux servant de témoins, n'ayant subi aucune amputation.

Au bout d'un temps s'échelonnant entre trois et quatre semaines, les Lumbriciens des deux lots, dans la proportion de 15 à 18 sur 20, se trouvèrent en parfait état de diapause. Chacun était enroulé dans sa loge

individuelle de terre argileuse, ayant subi une réduction considérable de volume et conservant une immobilité totale.

Lors du réveil spontané qui se produisit dans les 10 à 15 jours qui suivirent, les animaux du premier lot présentèrent un régénérat typique, comportant une quinzaine de segments à ce stade, de calibre beaucoup plus petit que celui de la souche. La tête a été fixée par le liquide de Halmi. La recherche des produits de neurosécrétion a été faite en utilisant la fuchsineparaldéhyde de Gabe. L'examen des coupes ne nous a pas permis de retrouver la neurosécrétion décrite antérieurement pendant la diapause seule chez des animaux entiers et s'observant chez les témoins non amputés.

Les ganglions cérébroïdes des animaux en cours de régénération de leur extrémité postérieure ne présentent plus les cellules de type *a* et *b* si nettes et si abondantes lorsque la diapause ne s'accompagne pas de régénération, ni la riche vascularisation constatée dans ce dernier cas. La régénération de la queue, après la diapause, alors que le régénérat a atteint une taille suffisante pour persister et s'accroître, s'accompagne d'une suspension de l'activité neurosécrétrice. Cette conclusion rejoint celle que tire Saussey (4) de travaux effectués sur un autre Lumbricien *Allolobophora icterica* Sav. : « Il est permis de penser que la diapause est corrélative d'un blocage de fonctionnement de cellules neurosécrétrices contrôlant l'activité des vers et leurs potentialités régénératrices ». Des recherches en cours de part et d'autre permettront peut-être d'éclairer cette interprétation.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) *Thèse*, Poitiers, 1954.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, 99, 1928, p. 737-738.
(3) *Comptes rendus*, 249, 1959, p. 835.
(4) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1363.

(*Laboratoire de Zoologie et Biologie animale, Faculté des Sciences, Poitiers.*)

BIOCHIMIE QUANTIQUE. — *Structure électronique, effet mutagène et aptitude à former des complexes « en sandwich » des aminoacridines.* Note (*) de M. **Bernard Pullman**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les aminoacridines paraissent capables d'interagir avec les acides nucléiques (1), soit en s'agrégeant aux groupes phosphates de la chaîne polymérique [(2), (3), (4)], soit en s'intercalant « en sandwich » entre deux paires de bases purique-pyrimidique complémentaires [(5), (6)]. Le pouvoir mutagène de ces composés, dont la grandeur évolue *grosso modo* parallèlement à leur basicité (7), a été rattaché récemment à ce deuxième mode d'interaction (8).

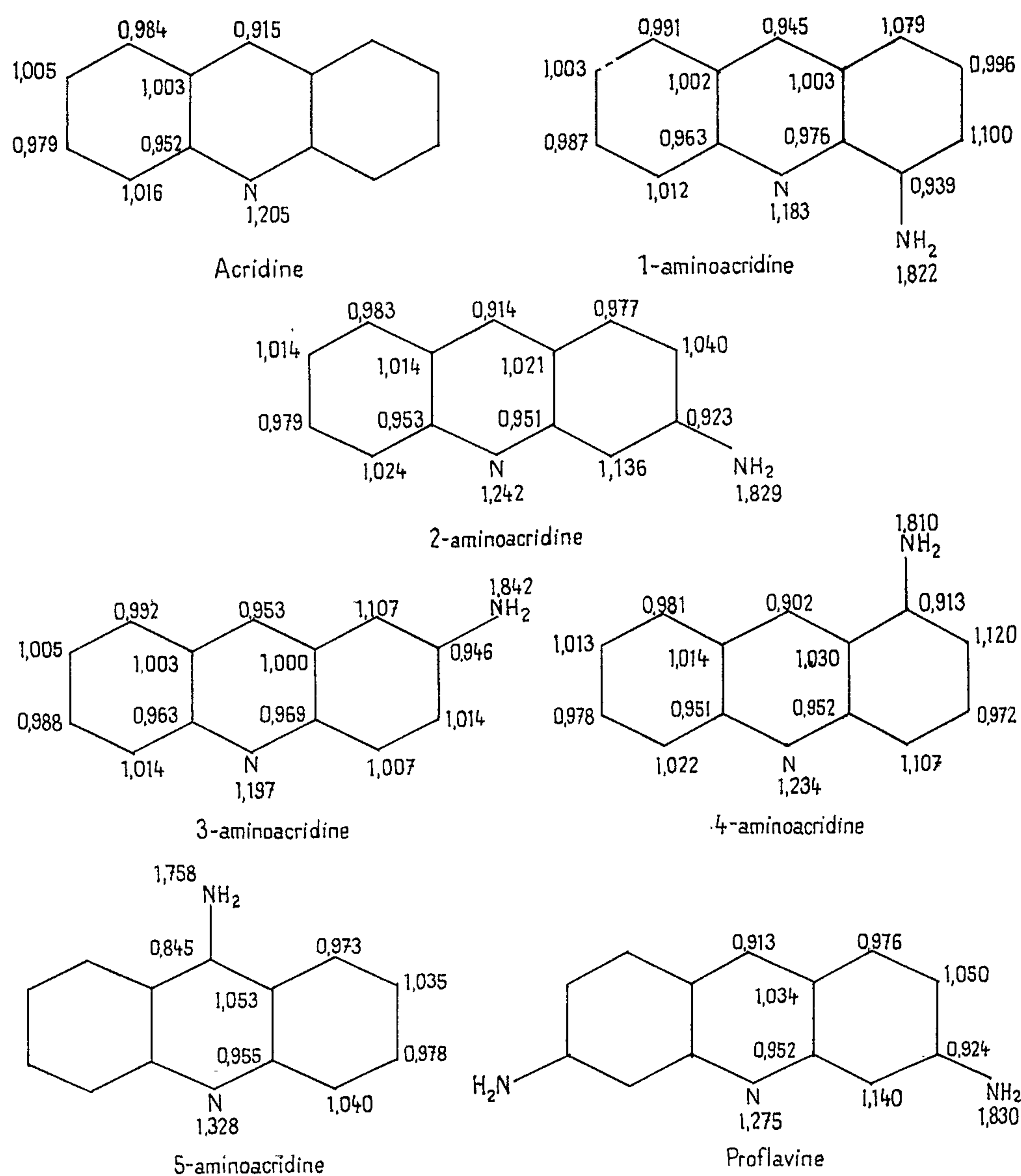
Les forces mises en jeu dans la formation de complexes « en sandwich » paraissent être de la catégorie des *liaisons de polarisation* (« polarisation bonding ») et comportent des composants du type transfert de charges, interaction dipôles-dipôles induits et Van der Waals [(9), (10)]. Pour autant que l'agrégation comporte un arrangement parallèle des aminoacridines [(11), (12)], les mêmes facteurs doivent également contribuer à la stabilité de l'agrégat.

Caractéristiques énergétiques (en β) des aminoacridines.

Composé.	Énergie de résonance	Énergie de la plus haute orbitale occupée.	Énergie de la plus basse orbitale libre.
Acridine	5,32	0,49	−0,34
1-aminoacridine	5,69	0,34	−0,38
2- »	5,70	0,42	−0,37
3- »	5,68	0,39	−0,36
4- »	5,71	0,36	−0,39
5- »	5,78	0,35	−0,48
Proflavine	6,07	0,40	−0,41

Le tableau et la figure présentent les résultats des calculs, effectués par la méthode des orbitales moléculaires (13), sur les caractéristiques électroniques des aminoacridines susceptibles d'intervenir dans ces différents modes d'interaction avec les acides nucléiques ou de présenter une corrélation avec leur activité mutagène. En particulier, les énergies de la plus haute orbitale occupée et de la plus basse orbitale libre jouent un rôle déterminant dans la formation des complexes de transfert de charges et la répartition des électrons π détermine les interactions électrostatiques essentielles. L'existence d'une corrélation dans cette série de corps entre la basicité et la charge de l'azote du noyau acridine (14) se traduit par l'existence d'*un parallélisme assez satisfaisant entre la grandeur de cette*

charge et l'activité mutagène. Par ailleurs, les charges des groupes NH_2 peuvent intervenir dans l'association des acridines avec les groupes phosphates des acides nucléiques.



Charges électriques.

La discussion des résultats du calcul sera donnée dans une publication plus détaillée. Nous voudrions toutefois ajouter que le problème présente également un grand intérêt par le mécanisme d'action cancérogène des benzacridines ([15]) et surtout des hydrocarbures aromatiques pour lesquels la formation des complexes « en sandwich » avec les bases puriques [([16]), ([17])] ou avec du DNA ([18]) a été mise en évidence récemment. Ce dernier résultat expérimental pose un curieux problème. En effet, le pouvoir cancérogène

des molécules aromatiques paraît intimement lié aux caractéristiques électroniques des régions K et L de ces molécules [(15), (19)]. Pour autant que l'on ne voit pas immédiatement de quelle façon ces caractéristiques pourraient intervenir dans le mécanisme régissant l'intercalement des hydrocarbures dans les acides nucléiques, on serait tenté de prévoir que l'aptitude même d'une substance à s'intercaler ainsi (où à former un complexe « en sandwich » avec les purines) ne devrait pas être simplement liée à son aptitude à provoquer le cancer. Ce point de vue paraît confirmé, dans la limite des maigres résultats disponibles, par le fait que les molécules aromatiques non cancérogènes sont susceptibles de former des complexes avec des purines ou de s'intercaler dans les acides nucléiques tout comme des molécules cancérogènes [(17), (18)].

Ce travail a été effectué en exécution de la Convention de Recherche n° 61-FR-134 de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

(*) Séance du 15 octobre 1962.

(1) A. R. PEACOCKE et J. N. H. SKERRETT, *Trans. Faraday Soc.*, 52, 1956, p. 261.
(2) J. L. IRVIN et E. M. IRVIN, *J. Biol. Chem.*, 206, 1954, p. 39.
(3) F. W. MORTHLAND, P. P. H. DE BRUYN et N. H. SMITH, *Exp. Cell. Res.*, 7, 1954, p. 201.
(4) P. D. LAWLEY, *Biochim. Biophys. Acta*, 22, 1956, p. 451.
(5) L. S. LERMAN, *J. Mol. Biol.*, 3, 1961, p. 18.
(6) V. LUZZATI, F. MASON et L. S. LERMAN, *J. Mol. Biol.*, 3, 1961, p. 634.
(7) A. ORGEL et S. BRENNER, *J. Mol. Biol.*, 3, 1961, p. 762.
(8) S. BRENNER, L. BARNETT, F. H. C. CRICK et A. ORGEL, *J. Mol. Biol.*, 3, 1961, p. 121.
(9) S. C. WALLWORK, *J. Chem. Soc.*, 1961, p. 494.
(10) N. D. PARKYNS et A. R. UBBELOHDE, *J. Chem. Soc.*, 1961, p. 2110.
(11) D. F. BRADLEY et M. K. WOLF, *Proc. Natl. Acad. Sc. U. S.*, 45, 1959, p. 944.
(12) A. L. STONE et D. F. BRADLEY, *J. Amer. Chem. Soc.*, 83, 1961, p. 3627.
(13) A. PULLMAN et B. PULLMAN, *Quantum Biochemistry*, Interscience Publ., New-York (sous presse).
(14) T. NAKAJIMA et A. PULLMAN, *J. Chim. Phys.*, 1958, p. 793.
(15) A. PULLMAN et B. PULLMAN, *La cancérisation par les substances chimiques et la structure moléculaire*, Masson, Paris, 1955.
(16) DE SAUTIS, E. GIGLIO, A. M. LIQUORI et A. RIPAMONTI, *Nature*, 191, 1961, p. 900.
(17) E. BOYLAND et B. GREEN, *Brit. J. Cancer*, 16, 1962, p. 347.
(18) A. M. LIQUORI, B. DE LERMA, F. ASCOLI, C. BOTIE et M. TRAACIATTI, *J. Mol. Biol.* (sous presse).
(19) A. PULLMAN et B. PULLMAN, *Adv. in Cancer Res.*, 3, 1955, p. 117.

(*Institut de Biologie Physicochimique, 13, rue Pierre-Curie, Paris, 5e.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Identification et isolement du pregna 4-ène* 6β, 17α, 21-*triol* 3.11.20-*trione* (6β-*hydroxy-cortisone*) *dans les urines humaines.* Note de M. **Jorge R. Pasqualini**, présentée par M. Robert Courrier.

L'identification et l'isolement du pregna 4-ène 6β, 17α, 21-triol 3.11.20-trione (6β-hydroxy-cortisone) dans les urines d'un enfant atteint de maladie de Cushing sont décrits. Le stéroïde isolé présente la même migration et les mêmes propriétés physicochimiques que la 6β-hydroxy-cortisone dans quatre systèmes chromatographiques. Son produit d'oxydation bismuthique a été identifié à l'androsta 4-ène 6β-ol, 3.11.17-trione.

Différents stéroïdes dérivés en 6ξ-hydroxy ont été identifiés dans les urines humaines et parmi ceux-ci : le pregna 4-ène 6β, 11β, 17α, 21-triol 3.20-dione (6β-hydroxy-cortisol) (1); le pregna 4-ène 6β, 17α, 21-triol 3.20-dione (6β-hydroxy-composé S) (2); le 5β-pregnane 3α, 6α-diol 20-one (3); le pregna 4-ène 6α, 11β, 17α, 21-tetrol 3.20-dione (6α-hydroxy-cortisol) (7) et le 3α-pregnone 3α, 6α-diol 20-one (10).

Dans le présent travail, nous avons étudié les différents stéroïdes urinaires d'un enfant atteint de maladie de Cushing avec adénome basophile de l'hypophyse. Les urines de 24 h ont été additionnées de 50 % p/v de $(NH_4)_2SO_4$ et extraites trois fois par le mélange éther : éthanol 3/1 v/v (4). L'extrait sec est repris par 100 ml d'eau, puis extrait trois fois par 0,5 v d'acétate d'éthyle. Ce dernier extrait contient les corticostéroïdes libres. La phase aqueuse est évaporée à sec et séparée en ester-sulfates et glucosiduronates par chromatographie sur alumine [(5), (6)].

Les fractions ester-sulfate et glucosiduronate ont été hydrolysées par les enzymes du suc digestif d'*Helix pomatia*.

Identification du 6β-*hydroxy-cortisone.* — Après extraction par l'acétate d'éthyle des corticostéroïdes libres, le solvant est lavé une fois par 0,05 v de NaOH 0,1 N et une fois par 0,05 v d'eau. On chromatographie l'extrait sec dans le système chloroforme/formamide, à raison de 2 mg environ de chromogènes bleu tetrazolium par chromatogramme.

La région du chromatogramme comprise entre la ligne de départ et 5 cm est éluée et rechromatographiée dans le même système pendant 10 h. La région du chromatogramme correspondant à la migration de la 6β-hydroxy-cortisone est éluée et chromatographiée dans le système chloroforme/benzène/méthanol/eau (1/1/1/1, v/v); la région correspondant à la migration de la 6β-hydroxy-cortisone est éluée et chromatographiée dans le système cyclohexane/dioxane/eau (4/4/1, v/v) et dans le système benzène/méthanol/eau (2/1/1, v/v) (48 h).

Après élution du dernier chromatogramme, nous avons obtenu une seule tache réduisant le bleu de tetrazolium, absorbant à 254 mμ, et donnant une fluorescence jaune en milieu sodique, avec la lumière de Wood. Dans

les quatre systèmes indiqués, le stéroïde isolé présente la même migration que le pregna 4-ène 6β, 17α, 21-triol 3.11.20-trione de synthèse.

Le stéroïde isolé a été oxydé par le bismuthate de sodium et son produit d'oxydation donnait une réaction de Zimmermann positive; il avait la même migration que l'androsta 4-ène 6β-ol 3.11.17-trione de synthèse dans les systèmes toluène/propanediol et benzène/formamide. La migration du composé isolé est indiquée dans le tableau I. Le tableau II indique la migration de son acétate et de son produit d'oxydation.

TABLEAU I.

Migration chromatographique du composé isolé dans quatre systèmes différents.

	Systèmes chromatographiques.			
Stéroïdes.	Chloroforme/formamide ($R_{cortisol}$).	Chloroforme-benzène/méthanol-eau ($R_{cortisol}$).	Cyclohexane/dioxane-eau ($R_{cortisol}$).	Benzène-méthanol-eau ($R_{cortisol}$).
Cortisol	1,00	1,00	1,00	1,00
6β-hydroxy-cortisone	0,12	0,26	0,37	0,07
Composé isolé	0,12	0,25	0,38	0,07
6β-hydroxy-composé S (pregna 4-ène 6β, 17α, 21-triol 3.20-dione)	0,55	0,79	0,89	0,62

TABLEAU II.

Migration chromatographique de l'acétate et du produit d'oxydation du composé isolé.

Systèmes chromatographiques.	Acétate du composé isolé (R_{adren}) (*).	6.21-diacétate de 6β hydroxy-cortisone (R_{adren}).	Produit d'oxydation du composé isolé (R_{adren}).	6β-hydroxy androsta 4-ène 3.11.17-trione (R_{adren}).
Benzène/formamide	0,43	0,43	0,13	0,14
Toluène/formamide	0,30	0,29	0,15	0,15

(*) R_{adren} : $R_{adrénostérone}$ (androsta 4-ène 3.11.17-trione).

L'acétate du stéroïde isolé présente la même migration que 6.21-diacétate de 6β-hydroxy-cortisone dans les systèmes toluène/propanediol et hexane/benzène (1/1, v/v)/propanediol. Ce stéroïde présentait un maximum d'absorption en milieu éthanolique à 237 mμ.

L'ensemble de ces données physicochimiques nous permet d'affirmer que le stéroïde isolé des urines de ce malade est bien le pregna 4-ène 6β, 17α, 21-triol 3.11.20-trione (6β-hydroxy-cortisone).

La quantité de ce stéroïde que nous avons trouvée dans les urines est de 500 μg/24 h. Il faut signaler que ce corticostéroïde a été trouvé dans la fraction libre; nous n'avons pas détecté ce stéroïde dans la fraction ester-sulfate ni dans la fraction glucosiduronate.

Discussion. — La possibilité de l'existence dans les urines humaines du 6β-hydroxy-cortisone que nous avons identifié et isolé avait été suggérée par Frank et coll. (7) et, dans un récent travail, Gold (8) avait montré l'existence de radioactivité à la hauteur de la migration de la 6β-hydroxy-cortisone après administration de cortisol 4-C^{14}.

Il est à signaler que la 6β-hydroxy-cortisone est excrétée principalement sous la forme libre, ce qui est en accord avec les travaux de Touchstone et Blakemore (9), et de Frank et coll. (7) qui ont trouvé que le 6β-hydroxy-cortisol est excrété principalement à l'état libre.

(1) S. BURSTEIN, R. I. DORFMAN et E. M. NADEL, *Arch. Biochem.*, 53, 1954, p. 307.
(2) J. W. REYNOLDS et R. A. ULSTROM, *Biochim. Biophys. Acta*, 57, 1962, p. 606.
(3) S. LIEBERMAN, D. K. FUKUSHIMA et K. DOBRINER, *J. Biol. Chem.*, 182, 1950, p. 299.
(4) R. W. H. EDWARDS, A. E. KELLIE et A. P. WADE, *Mem. Soc. Endocrinol.*, 2, 1953, p. 53.
(5) O. CREPY, M. F. JAYLE et F. MESLIN, *Acta Endocrinol.*, 24, 1957, p. 233.
(6) J. R. PASQUALINI et M. F. JAYLE, *J. Clin. Invest.*, 41, 1962, p. 981.
(7) A. G. FRANK, F. H. KATZ et J. W. JAILER, *J. Clin. Endocrinol. et Metab.*, 21, 1961, p. 1290.
(8) N. I. GOLD, *J. Clin. Invest.*, 41, 1962, p. 1871.
(9) J. C. TOUCHSTONE et W. S. BLAKEMORE, *J. Clin. Endocrinol. et Metab.*, 21, 1961, p. 263.
(10) K. DOBRINER, C. P. RHOADS, S. LIBERMAN, B. R. HILL et L. F. FIESER, *Science*, 99, 1944, p. 494.

(Laboratoire de Chimie biologique, Faculté de Médecine, Paris.)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la structure des glycoprotéides. Structure de quelques oligosides isolés des hydrolysats partiels de l'ovomucoïde.* Note (*) de Mlle **Arlette Chosson**, M. **Jean Montreuil** et Mlle **Nelly Scheppler**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les auteurs ont isolé une vingtaine d'oligosides à partir des hydrolysats de l'ovomucoïde par une résine polystyrène sulfonée. Ils précisent la structure de 13 d'entre eux, parmi lesquels se trouve la N-acétyllactosamine.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons montré que l'hydrolyse par le Dowex 50, résine polystyrène sulfonée, représentait la méthode de choix pour obtenir des quantités élevées de nombreux oligo- et polyosides. L'application des méthodes classiques d'isolement des glucides et d'exploration de leur structure, déjà mises en œuvre par l'un de nous dans l'étude des osides du lait ([2]), nous a permis d'isoler environ 20 oligosides et de déterminer la constitution de 13 d'entre eux.

Mode opératoire. — 5 g d'ovomucoïde en solution dans 1 l d'eau distillée sont hydrolysés à 100°C sous agitation pendant 1 h par 400 ml de Dowex 50 humide (grain 20-50; *forme acide*). Les hydrolysats filtrés de 50 g d'ovomucoïde sont dialysés et lyophilisés. Les osides de la fraction dialysable sont ensuite isolés en associant la chromatographie préparative sur papier Whatman n° 3 effectuée dans différents système-solvants et la chromatographie sur colonnes de charbon-*Celite*, selon la méthode de Whistler et Durso ([3]).

La composition des osides et la nature de l'ose réducteur sont déterminées par l'application des méthodes classiques de dosages colorimétriques et chromatographiques des oses et des osamines, *avant* et *après* réduction par le borohydrure de potassium.

Résultats. — 1. Environ 20 osides ont été isolés et la composition de 13 d'entre eux a été déterminée. Ils répondent aux schémas de structure suivants ([8]) :

Nomenclature des osides.	
(I)	Galp — β — 1 → 4 — GlcNHAc (N-acétyllactosamine)
(II)	Gal → Man
(III)	Man → GlcNHAc
(IV)	Man → Man
(V)	(Man) Man → Man
(VI)	(Man) Man → GlcNHAc
(VII)	Gal → Man → GlcNHAc
(VIII) et (IX)	(Man, Man, GlcNHA) → GlcNAH (deux isomères)
(X)	(Man, Man) Man → GlcNHAc
(XI)	(Man, Man, Man, GlcNHAc) → GlcNHAc
(XII)	(Gal, GlcNHAc, Man, Man) → Man
(XIII)	(Man, Man, Man) Man → GlcNHAc

2. La N-acétyllactosamine (4-O-β D-galactopyrannosido-2-déoxy-2-acétamidoglucopyrannose) a été identifiée de la manière suivante :

a. le galactose et la glucosamine sont dans un rapport équimoléculaire;

b. la chromatographie de l'hydrolysat de l'oside réduit par le borohydrure de potassium révèle la présence du galactose seul;

c. la méthode spectrophotométrique de mesure de l'oxydation periodique de Marinetti et Rouser [4] montre qu'une molécule de diholoside est oxydée par 2 mol d'acide periodique; l'hydrolyse du diholoside oxydé fournit de la glucosamine;

d. le diholoside ne donne pas la réaction d'Elson et Morgan; en outre, maintenu pendant 5 mn à 100°C en présence de CO_3Na_2 0,05 N, il ne fournit pas de chromogène; ces deux réactions indiquent un blocage de la fonction alcoolique en 4 de la N-acétylglucosamine [5];

e. le comportement chromatographique du diholoside est identique à celui de la N-acétyllactosamine précisé par Spiro [6]; il donne en outre, avec les réactifs à l'oxalate d'aniline et à la benzidine-trichloracétique, les colorations caractéristiques de la N-acétyllactosamine [5].

Conclusions. — 1° La N-acétyllactosamine est un constituant de l'ovomucoïde. Il est intéressant de rapprocher ce résultat de ceux qui ont été obtenus par d'autres auteurs avec différents glycoprotéides (*voir* la Note suivante) [7].

2° La N-acétyllactosamine et le galactosido-mannose apparaissent dès le début de l'hydrolyse par le Dowex-50 [1]. Ils se trouvent donc à l'extrémité de chaînes polyosidiques.

3° Dans la plupart des oligosides inentifiés, la N-acétylglucosamine porte le groupement réducteur. Les liaisons « N-acétylglucosaminidyl » sont donc particulièrement sensibles à l'action de l'échangeur de cations.

4° La caractérisation de polyosides riches en mannose est en faveur de l'existence de séquences polymannosiques sur lesquelles se grefferaient des molécules de N-acétylglucosamine et même (en tenant compte de la teneur élevée de l'ovomucoïde en osamine) des oligosides de la N-acétyl glucosamine.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

[1] J. MONTREUIL et A. CHOSSON, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 3071.

[2] J. MONTREUIL, *Les glucides du lait*, in *Biochimie des glucides*, Coll. Int. C.N.R.S., n° 100, 1961, p. 71.

[3] R. L. WHISTLER et D. F. DURSO, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 677.

[4] G. V. MARINETTI et G. ROUSER, *J. Amer. Chem. Soc.*, 77, 1955, p. 5345.

[5] M. C. GLICK, I.-W. CHEN et F. ZILLIKEN, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 981.

[6] R. G. SPIRO, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 646.

[7] J. MONTREUIL, A. G. SPIK et A. CHOSSON, (sous presse).

(*Laboratoire de Chimie biologique, Faculté des Sciences, 23, rue Gosselet, Lille.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Chromatographie de gel-filtration pour la séparation des S-carboxyméthylkératines* (1). Note (*) de MM. **Gérard Biserte** et **Yves Moschetto**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les S-carboxyméthylkératines isolées des cellules corticales de la laine ont été purifiées par la technique de chromatographie de gel-filtration : une fraction électrophorétiquement homogène a été isolée.

La réduction des ponts disulfure par le thioglycolate de potassium permet de solubiliser une grande partie des kératines de la laine (Goddard et Michaelis (2). Après protection des groupes thiol par carboxyméthylation à l'aide d'une solution d'acide mono-iodoacétique, les S-carboxyméthylkératines obtenues sont isolées, dialysées et lyophilisées (Gillespie et Lennox) [(3), (4)], (5)]. Nous avons ainsi préparé des S-carboxyméthylkératines en traitant les cellules corticales isolées après hydrolyse pepsique de la laine suivant la méthode de Moschetto et Biserte (6).

Ces S-carboxyméthylkératines sont hétérogènes en électrophorèse libre à pH 11 [tampon glycocolle de force ionique 0,1 de Miller et Golder (7)]. Une première purification peut être obtenue par précipitation en milieu acide acétique à pH 3,9. Cependant la fraction *insoluble* à ce pH, largement prédominante, est encore hétérogène en électrophorèse libre.

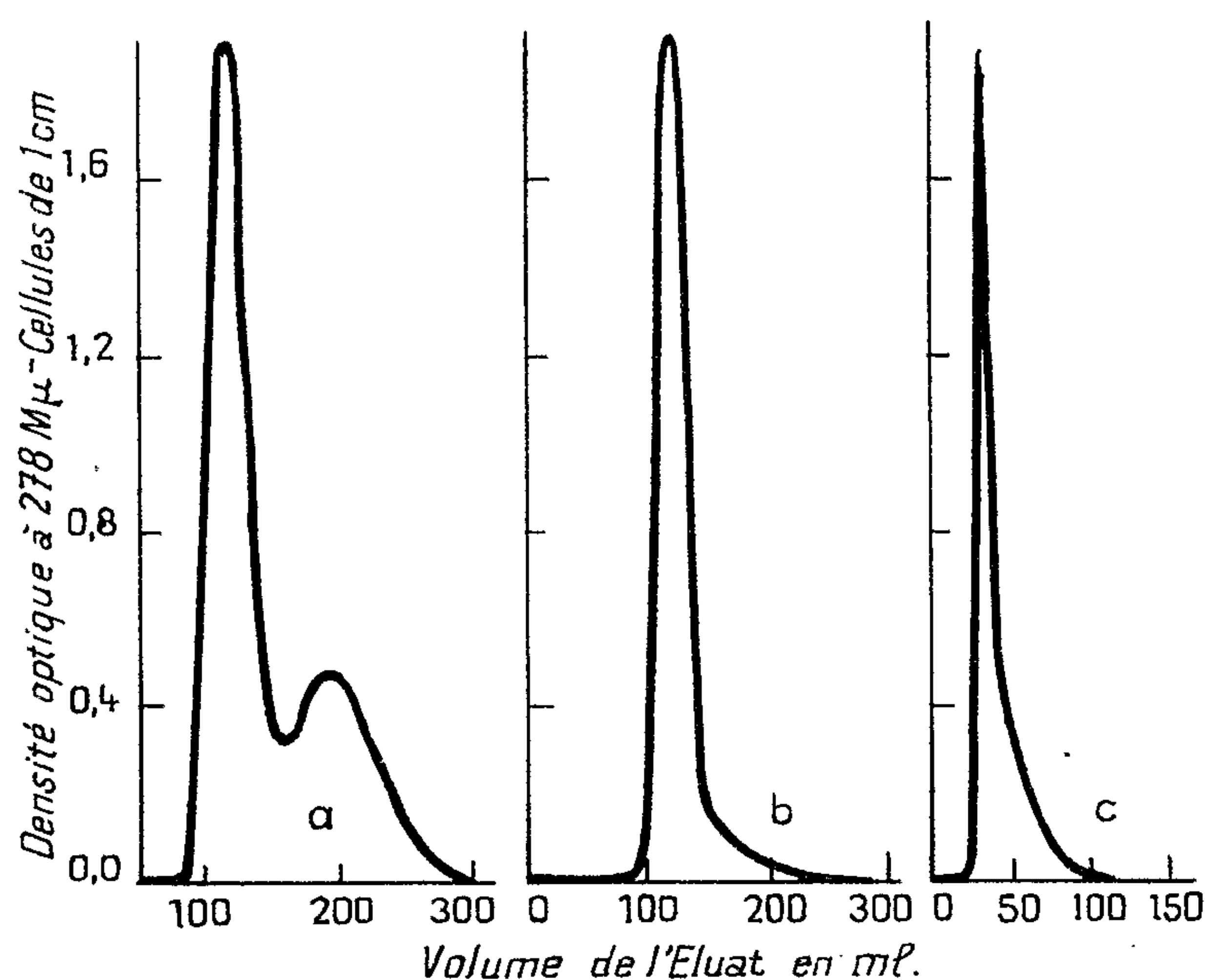
Nous avons donc essayé de purifier davantage cette fraction en utilisant la méthode de chromatographie de gel-filtration sur Sephadex G 75. Cette chromatographie a été effectuée à partir d'une solution de 150 mg de S-carboxyméthylkératines dans une solution 8,3 M en urée et 0,035 M en acide thioglycolique. Le pH de cette solution est ajusté à 4,0 par de la potasse diluée. L'utilisation d'une solution d'urée à forte concentration diminue d'une part la viscosité des solutions de protéines et facilite la chromatographie. D'autre part, elle permet le maintien en solution des S-carboxyméthylkératines à un pH où normalement elles sont insolubles.

Les colonnes, d'un diamètre de 3,5 cm, sont remplies sur une hauteur de 45 cm par le gel de Sephadex G 75 (granulation médium) formé dans la solution d'urée et d'acide thioglycolique ajustée à pH 4,0. L'élution est conduite avec le même tampon. Après lecture spectrophotométrique à 278 mμ des éluats obtenus, le diagramme (*fig.* 1*a*) est constitué de deux pics symétriques dont les bases chevauchent partiellement. L'un, majeur, a son maximum qui apparaît après le passage de 120 ml d'éluat, le second, moins important et plus étalé, après 200 ml.

Une seconde chromatographie est effectuée dans les mêmes conditions à partir du pic majeur précédemment recueilli. Cette seconde chromatographie (*fig.* 1*b*) donne un pic assez étroit suivi d'une traînée peu importante. Le pic majeur, débarrassé de la traînée protéique révélée sur la

courbe d'élution, est étudié en électrophorèse libre à pH 11 : après deux chromatographies sur Sephadex G 75, les S-carboxyméthylkératines donnent un seul pic homogène.

Sur cette même fraction, la détermination des acides aminés en position N-terminale par la méthode de Sanger ([8]) montre une augmentation de la proportion d'acide glutamique, d'acide aspartique et de S-carboxyméthylcystéine (dosés globalement) et une diminution de la thréonine, comparativement à la fraction insoluble de départ.



Chromatographie de gel-filtration des S-carboxyméthylkératines.
(*a*) Première chromatographie sur Sephadex G 75, colonne de 3,5 × 45 cm. Dépôt : 150 mg de protéines. Fractions de 3,3 ml.
(*b*) Rechromatographie de la fraction 1 sur Sephadex G 75. Colonne de 3,5 × 45 cm. Dépôt : 100 mg de protéines. Fractions de 3,6 ml.
(*c*) Chromatographie sur Sephadex G 200. La fraction chromatographiée est celle obtenue par deux chromatographies sur Sephadex G 75. Colonne de 2 × 33 cm. Dépôt : 50 mg de protéines. Fractions de 2,8 ml.

L'homogénéité physicochimique de ces S-carboxyméthylkératines a encore été étudiée par ultracentrifugation et par chromatographie de gel-filtration sur Sephadex G 200. L'ultracentrifugation ne révèle qu'un seul constituant aux concentrations de 10 et 5 mg/ml. A la concentration de 7,5 mg/ml, il est possible de déceler une légère asymétrie de la base du pic, ce qui peut faire penser à la présence d'un composant très mineur. La vitesse de sédimentation est déterminée dans le même tampon que celui utilisé pour l'électrophorèse libre, mais dont la force ionique a été amenée à 0,3 par du chlorure de sodium. Elle est de 4,6 unités Svedberg à 20°C pour une dilution infinie. La chromatographie sur Sephadex G 200 ne donne aussi qu'un seul pic dont la base ne présente qu'une très légère

asymétrie de la partie descendante (*fig.* 1 *c*). Pour des études structurales, on peut par précaution éliminer les derniers éluats correspondant à la partie asymétrique du pic.

La méthode de chromatographie de gel-filtration permet donc d'obtenir à partir des S-carboxyméthylkératines une fraction protéique pratiquement homogène en électrophorèse libre et en ultracentrifugation.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) Travail réalisé dans le cadre du Contrat n° FG-Fr-100-60, U. S. Department of Agriculture, P. L. 480 Agricultural Utilization Research Program.

(2) D. R. Goddard et L. Michaëlis, *J. Biol. Chem.*, 106, 1934, p. 605.

(3) J. M. Gillespie et F. G. Lennox, *Biochim. Biophys. Acta*, 12, 1953, p. 481.

(4) J. M. Gillespie et F. G. Lennox, *Austr. J. Biol. Sc.*, 8, 1955, p. 97.

(5) J. M. Gillespie et F. G. Lennox, *Austr. J. Biol. Sc.*, 8, 1955, p. 378.

(6) Y. Moschetto, G. Biserte et P. Pigache, *Colloque « Structure de la laine »*, Institut Textile de France, Paris, 1961, p. 121.

(7) G. L. Miller et R. H. Golder, *Arch. Biochem. Biophys.*, 29, 1950, p. 420.

(8) F. Sanger, *Biochem. J.*, 39, 1945, p. 507.

(*Laboratoire de Chimie biologique, Faculté de Médecine et de Pharmacie, Lille.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Constitution des protides des levures en fonction des carences vitaminiques du milieu de culture.* Note (*) de Mme **Suzanne Lafon-Lafourcade**, MM. **Jean Ribéreau-Gayon** et **Émile Peynaud**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons étudié la constitution des protides des levures de vin (*Saccharomyces ellipsoideus*) en fonction de la nature de leur alimentation azotée et montré que cette constitution varie entre de larges limites. Les levures étaient cultivées dans un milieu complet au point de vue cationique et vitaminique, contenant comme source d'azote un seul acide aminé, différent dans chaque série.

Dans cette Note, nous étudions, selon un protocole expérimental similaire, le rôle des divers facteurs de croissance dans la synthèse protidique. Le milieu synthétique de base contient du saccharose (150 g/l), les substances minérales nécessaires sous forme de cendres de levures (6 g/l), l'azote sous la forme la plus assimilable, c'est-à-dire d'un mélange de sulfate d'ammonium (1 g/l) et d'asparagine (2 g/l); il est tamponné à pH 3,5 par des citrates. Les facteurs de croissance sont utilisés aux doses de 0,2 mg/l pour la thiamine, la pyridoxine, l'acide pantothénique, la nicotinamide; de 10 mg/l pour le mésoinositol, de 0,002 mg/l pour la biotine. On répartit les milieux dans les séries suivantes correspondant chacune à une carence vitaminique différente : sans thiamine, sans méso-inositol, sans acide nicotinique, sans pyridoxine, sans acide pantothénique, sans biotine et sans aucune vitamine; la série témoin reçoit tous les facteurs de croissance. La souche de *Saccharomyces ellipsoideus* utilisée est auxo-autotrophe et peut se développer, quoique beaucoup moins abondamment, en l'absence complète de vitamines. La fermentation est conduite à 25°C en aérobiose ménagée (flacons obturés d'un tampon d'ouate). Dès que la fermentation est terminée, les levures sont séparées par centrifugation, pesées (le poids de levures récolté varie suivant la carence vitaminique du milieu), puis hydrolysées de manière différente suivant l'aminoacide à doser. Dans chaque milieu fermenté et chaque dépôt de levures, nous avons déterminé 18 aminoacides à l'aide des méthodes microbiologiques.

Le tableau donne les pourcentages des divers aminoacides en fonction du poids total de protides des levures, pour les carences des facteurs de croissance les plus déterminantes; il s'agit donc de variations de la constitution azotée. Les nombres en gras indiquent les valeurs extrêmes pour chaque aminoacide.

On observe que deux aminoacides, l'acide aspartique et la proline, sont peu affectés par les carences vitaminiques et se retrouvent dans les levures partout à des taux presque identiques. Par contre trois autres aminoacides, l'arginine, l'acide glutamique, la thréonine sont beaucoup

	Toutes vitam.	Sans mésoi.	nicot.	panto.	bioti.	vitam.
α-alanine	1,6	2,4	1,8	2,0	2,3	2,0
Arginine	2,4	1,5	5,7	6,8	4,5	7,4
Acide aspartique	5,6	5,9	6,9	6,5	6,6	5,5
Cystine	2,2	0,9	1,1	1,1	1,7	1,8
Acide glutamique	12,6	15,7	11,2	11,4	15,4	16,9
Glycocolle	4,8	3,8	3,6	4,3	2,8	3,0
Histidine	2,1	1,4	2,2	2,9	2,2	3,2
Isoleucine	13,3	8,3	6,8	6,3	7,7	6,9
Leucine	6,5	3,3	13,5	4,8	5,2	4,6
Lysine	7,0	5,4	6,9	10,6	7,7	5,1
Méthionine	1,1	1,3	1,1	1,1	1,1	0,9
Phénylalanine	2,6	2,2	2,6	4,2	3,2	2,0
Proline	5,2	4,7	4,9	5,8	5,2	4,3
Sérine	11,0	14,1	10,0	11,4	8,7	10,2
Thréonine	6,0	5,6	8,1	8,6	9,4	13,6
Tryptophane	0,3	0,3	0,7	0,7	0,8	0,6
Tyrosine	3,5	2,8	3,2	4,7	3,3	2,8
Valine	12,2	20,4	9,7	6,8	12,2	9,2

plus abondants dans les levures en carence vitaminique totale, tandis que le glycocolle, l'isoleucine, la valine s'y trouvent en moindre quantité.

C'est la carence en mésoinositol qui détermine les modifications les plus profondes. Dans le milieu sans mésoinositol les protides des levures présentent les concentrations maximales en α-alanine, méthionine, sérine, surtout en valine, et au contraire les concentrations minimales en arginine cystine, histidine, leucine, thréonine et tyrosine; ces observations montrent l'importance du rôle joué par le mésoinositol dans la synthèse protidique. L'acide pantothénique est également un facteur primordial du métabolisme azoté; son absence se traduit par un déséquilibre surtout marqué pour les taux d'isoleucine, de lysine, de phénylalanine, de valine. Enfin la carence en biotine diminue les taux de glycocolle et de sérine. Signalons encore l'accumulation de leucine en l'absence de nicotinamide.

On note une importante excrétion d'aminoacides dans les milieux fermentés, indépendante du phénomène d'antolyse des levures. Cette excrétion, assez semblable dans tous les milieux, est de l'ordre de 0,5 g/l pour la thréonine, d'une centaine de milligrammes pour la valine, l'acide aspartique, l'acide glutamique, de 20 à 30 mg pour la plupart des autres aminoacides; l'excrétion est plus faible pour l'histidine, la méthionine et la tyrosine.

Conclusions. — On sait que la plupart des souches de *Saccharomyces ellipsoideus* sont capables de synthétiser d'une part tous leurs facteurs de croissance, d'autre part tous les aminoacides de leurs protides à partir d'une source azotée simple, quelle que soit la carence qu'on leur impose.

Nos observations montrent qu'en milieu privé de certaines vitamines, et en dépit de la grande plasticité des levures qui leur permet de se multiplier malgré ces déficiences, la constitution azotée totale de la cellule subit cependant d'importantes modifications et son métabolisme azoté est profondément perturbé.

(1) S. Lafon-Lafourcade, J. Ribéreau-Gayon et E. Peynaud, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1688.

(*Station agronomique et œnologique, Bordeaux.*)

PHARMACOLOGIE. — *Le véritable Ginseng blanc de Corée est-il doué de l'activité sympathicosthénique spécifique de la plupart des drogues excitantes?* Note de M. **Raymond-Hamet**, présentée par M. René Souèges.

Riche d'une légende chinoise, vieille de trois millénaires, qui lui a valu son nom botanique générique de *Panax*, le Ginseng véritable, c'est-à-dire le *Panax Ginseng* C. A. Meyer, a été récemment réintroduit dans la thérapeutique. Il avait été auparavant l'objet de nombreux travaux japonais, chinois, russes et allemands dont les conclusions sont malheureusement

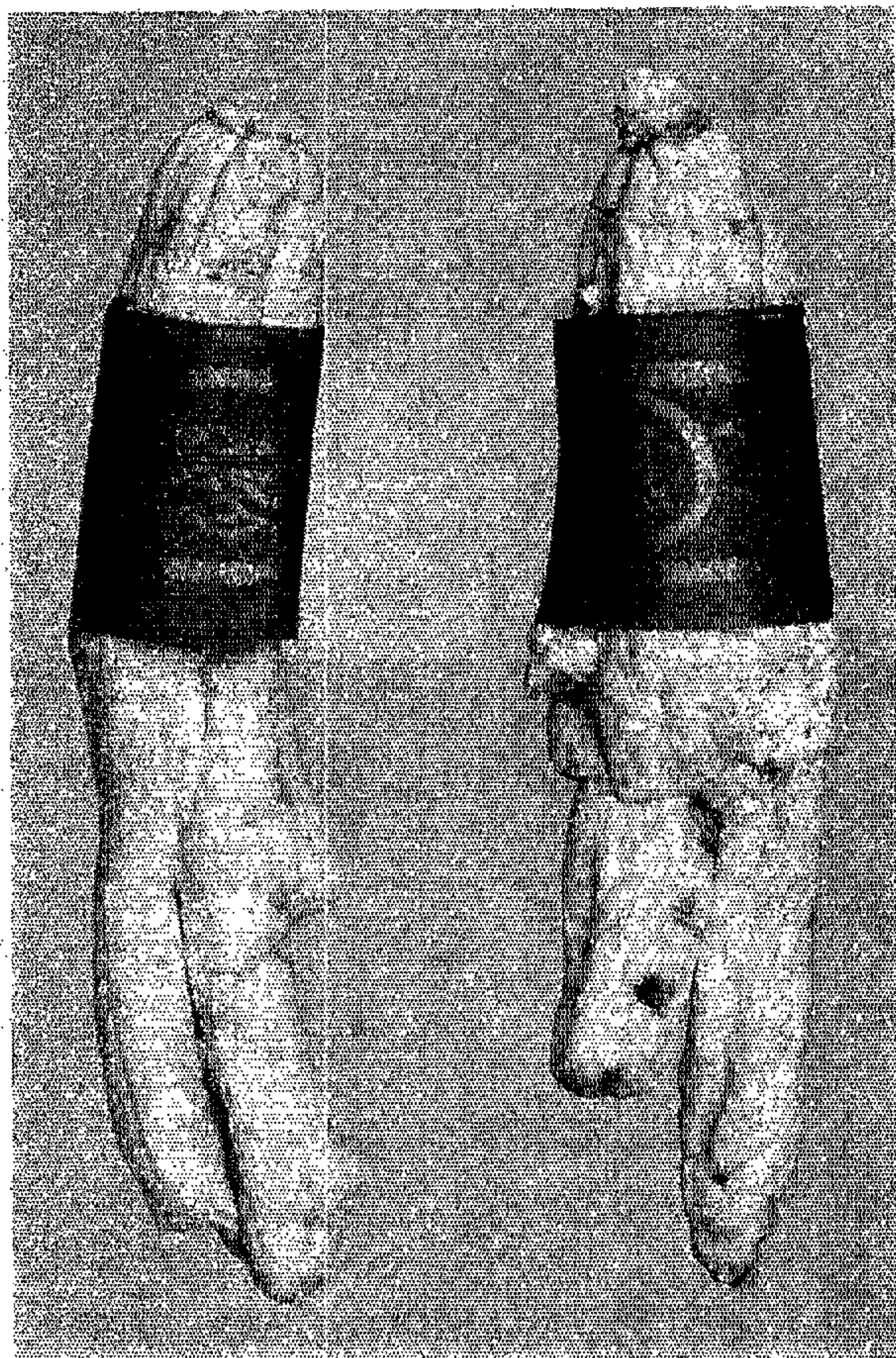


Fig. 1. — Racines de vrai Ginseng blanc de Corée pourvues de leur étiquette d'origine et reproduites en grandeur naturelle.

quelque peu discordantes. C'est ainsi que, pour Woo-Choo Lee et ses collaborateurs, le Ginseng libère de l'histamine qui est essentiellement hypotensive chez le Chien, alors que, d'après Zakutinskii, il éléverait la pression artérielle de cet animal. C'est ainsi que, d'après ce dernier auteur,

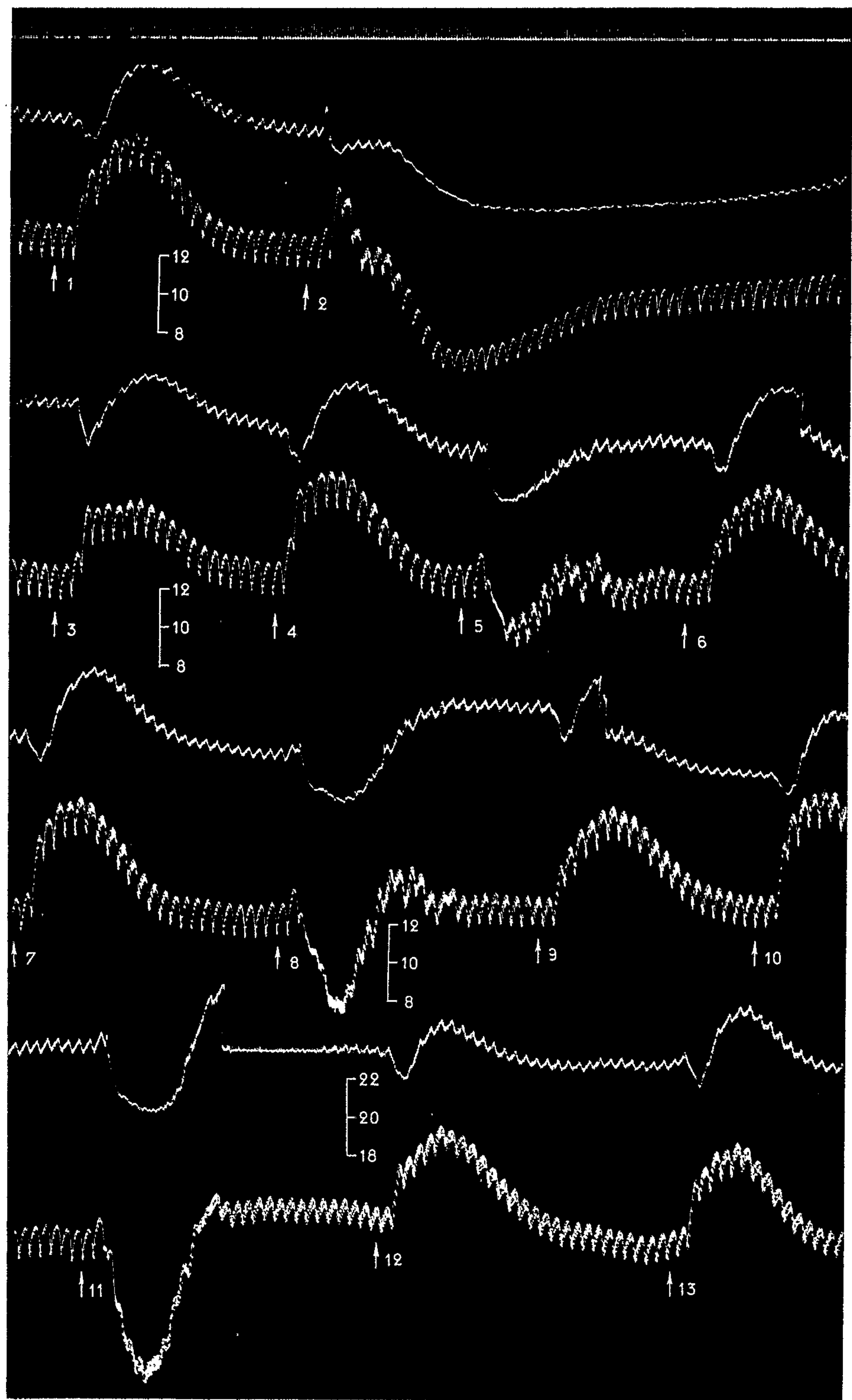


Fig. 2.

Fig. 2. — Chien de 10 kg, anesthésié par le chloralose (12 cg/kg), bivagotomisé au cou et soumis à la respiration artificielle. 1re ligne : temps en secondes; 2e, 4e, 6e et 8e lignes : oncogramme; 3e, 5e, 7e et 9e lignes : tensiogramme carotidien. On a injecté, dans la saphène, en 1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12 et 13, 0,014 mg de bitartrate d'adrénaline pure de Hochst; en 2, 5 ml; en 5, 10 ml; en 8, 25 ml; en 11, 50 ml d'extrait aqueux à 1/10 de racines de vrai Ginseng blanc de Corée. Tracés réduits de 45 %.

le Ginseng « élève le tonus du système nerveux sympathique quand l'adrénaline est administrée » alors que, d'après Noriyuki Sugihara, il affaiblit l'action de l'adrénaline. Cependant, tous les auteurs s'accordent à reconnaître au Ginseng une action excitante. Dorsch a même affirmé qu'au cours de la guerre de 1939, l'armée japonaise avait bénéficié des propriétés stimulantes de cette drogue.

Ayant pu démontrer que beaucoup de drogues excitantes possèdent en commun la propriété d'accroître la sensibilité du système nerveux sympathique à ses excitants spécifiques et ayant vu là la cause jusqu'alors inconnue de leur activité, nous avons voulu savoir si le Ginseng est doué lui aussi de cette propriété et, pour cela, nous avons soumis quelques chiens à l'action d'un extrait aqueux au 1/10, obtenu par macération de 48 h de quelques racines de la drogue aussi précieuse que rare qu'est le vrai Ginseng blanc de Corée, racines que nous avons reçues du Professeur Schlittler de Summit.

Nos expériences nous ont montré que le Ginseng vrai de Corée ne modifie aucunement l'hypertension et la vasoconstriction rénale adrénaliniques. Cette drogue n'est donc ni un sympathicosthénique ni un sympathicolytique. Dans l'expérience dont nous reproduisons ici le tracé, l'adrénaline, à la dose de 0,014 mg, qui avait provoqué initialement une hypertension de 50 mm de mercure, fit monter la pression artérielle de 34, puis de 47 mm après l'injection de 0,5 ml par kilogramme d'extrait aqueux de Ginseng; de 47 mm, puis de 54 mm après celle de 1 ml par kilogramme de ce même extrait; de 47 mm, puis de 56 mm après celle de 2,5 ml par kilogramme de l'encore même extrait; enfin de 39 mm, puis de 46 mm après celle de 5 ml par kilogramme du toujours même extrait. L'aire d'hypertension ainsi que l'aire de vasoconstriction rénale ne subirent, elles non plus, aucune modification révélatrice d'une activité sympathicosthénique ou sympathicolytique.

Quant à l'action de la drogue sur la pression artérielle, elle se traduisit, pour la première injection, par une hypotension marquée et assez durable, mais, après chacune des injections suivantes, par une hypotension très passagère qui fut même suivie d'une faible montée de la pression artérielle, n'excédant que de 20 mm son niveau initial.

PARASITOLOGIE. — *Développement expérimental d'un* Gymnophallus (Trematoda, Digenea). Note (*) de MM. **Jacques Rebecq** et **Georges Prévot**, présentée par M. Louis Fage.

L'Annélide *Nereis diversicolor* O. F. Müller est connue pour être, dans la région marseillaise, l'hôte intermédiaire, constant sinon unique, d'au moins trois espèces de Trématodes : *Deropristis inflata* (Molin) ([1]), *Himasthla militaris* (Rudolphi) et *Gymnophallus* sp. ([2]).

Diverses tentatives pour obtenir le développement expérimental de ce *Gymnophallus* ayant précédemment échoué, nous en avons repris l'étude avec du matériel provenant de l'étang du Fournelet (Camargue).

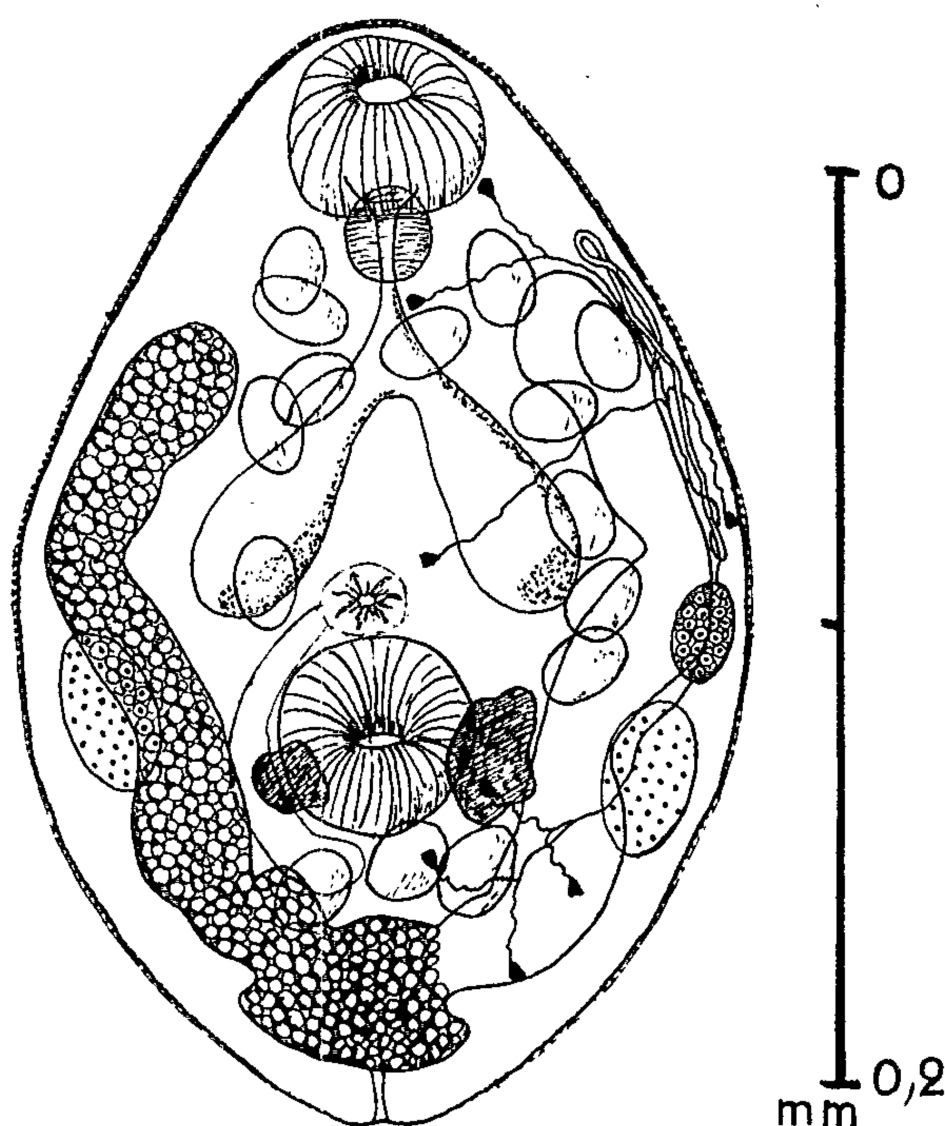
Nous renvoyons à Stunkard et Uzmann ([3]) pour l'historique du « groupe » que constituent les genres *Gymnophallus* Odhner, 1900 et *Parvatrema* Cable, 1953 et pour la discussion des formes amenées expérimentalement à maturité par ces auteurs : *G. bursicola* Odhner, 1900 et *P. borealis* nov. sp. La difficulté de réussir de tels développements expérimentaux soulignée par Stunkard ([4]), et la découverte récente par ce même auteur ([5]), de métacercaires de *P. borealis* chez *Nereis virens* et *N. limbata*, hôtes intermédiaires accessoires en Amérique du Nord, nous incitent à rendre compte des premiers résultats de nos recherches.

Nos observations sur les *Nereis* de Camargue montrent que l'infestation est surtout intense dans les parapodes des vingt premiers segments. La métacercaire est essentiellement déformable : il n'y a pas de paroi kystique individualisée mais les plus gros sujets sont enveloppés dans un sac muqueux de forme irrégulière qui traduit, selon toute vraisemblance, la réaction de l'hôte; une allure losangique à coins arrondis est cependant la règle lorsque l'individu est au repos. La taille absolue est donc assez variable : les dimensions de 0,23 × 0,16 mm peuvent néanmoins être considérées comme moyennes; la cuticule est épineuse sur toute sa surface : il s'agit d'épines très larges et émoussées, presque en « écaille » et moins serrées postérieurement. La ventouse orale, subterminale, a un diamètre de 0,036 mm; il n'y a pas de prépharynx; le pharynx, globuleux, mesure 0,015 mm et, selon l'état de contraction de la larve, peut chevaucher plus ou moins sur la ventouse; l'œsophage, sinueux et de petit diamètre, débouche dans deux cæcums sacciformes dont le fond ne dépasse que très rarement le niveau du bord postérieur de l'acetabulum; celui-ci, dont le centre est situé un peu au-dessus du tiers postérieur, a un diamètre de 0,034 mm. Les organes du système génital sont très nettement ébauchés : les testicules, très latéraux, sont légèrement décalés, le droit étant plus antérieur; ils sont ovalaires et mesurent 0,033 × 0,02 mm environ; l'ébauche ovarienne, globuleuse et plus petite, est située au-dessus du testicule gauche; l'atrium génital et les contours de la vésicule séminale sont décelables. Le système excréteur comporte huit paires de cellules à flamme vibratile disposées selon la formule $2\,[(2+2)+(2+2)]$; la vessie affecte la forme « en lyre » caractéristique du genre.

Le passage à l'étuve humide à 40° pendant 5 jours ne nous a pas permis de provoquer le déclenchement de l'activité génitale; néanmoins nous avons, chez ces individus, constaté un début de différenciation de l'utérus.

Les premiers échecs enregistrés en ce qui concerne le développement expérimental de cette forme ([2]) sont, à notre avis sans signification, la

petitesse des parasites les rendant difficiles à retrouver. Nous avons, pour notre part, expérimenté à trois reprises chez des canetons : 1° avec du matériel récolté le 26 juin 1962 nous avons retrouvé, après 21 h, cinq individus bien vivants mais toujours immatures; 2° 3 jours après un nouveau repas infestant (16 août 1962) une vingtaine d'individus montrant tous des œufs; 3° avec des vers récoltés le 2 octobre 1962, 18 distomes retrouvés après 60 h.



Gymnophallus nereicola nov. sp. : figure semi-schématique réunissant les caractères de la larve et ceux d'un individu mûri expérimentalement.

La morphologie des sujets ainsi arrivés à maturité est très voisine de celle des larves; il n'y a pas augmentation de taille et nous pensons pouvoir avancer, comme l'ont fait Stunkard et Uzmann ([3]), que la formule excrétrice n'est pas modifiée. Par contre, la maturité génitale se manifeste non seulement par l'apparition d'œufs dans l'utérus, mais aussi par une meilleure individualisation des testicules, de l'ovaire, de l'atrium génital et de ses annexes, et par le développement des vitellogènes : les œufs, au nombre de 3 à 30 (15 en moyenne), mesurent 0,02 × 0,013 mm : ils occupent un volume énorme par rapport au volume total du corps; l'utérus décrit un certain nombre de circonvolutions qui atteignent régulièrement le niveau du pharynx; l'atrium génital, sub-circulaire, situé immédiatement au-dessus de l'acetabulum, a un diamètre de 0,014 mm environ; la vésicule séminale est incurvée parallèlement à la ventouse ventrale sur son bord droit, mais les cellules prostatiques n'ont pu être observées; les vitellogènes, difficiles à mettre en évidence, sont constitués par deux masses folliculeuses situées de part et d'autre et un peu postérieurement par rapport à la ventouse ventrale.

Les difficultés pour la détermination des espèces du genre *Gymnophallus* ont été soulignées par Stunkard ([4]) dont les travaux montrent également qu'il est pratiquement impossible de séparer l'étude de *Gymnophallus* de

celle de *Parvatrema*. Notre forme camarguaise ne peut être intégrée à *Parvatrema* Cable, 1953 dont la formule excrétrice est 2[(2+2)+2]. De plus, elle nous paraît ne correspondre à aucune des espèces rapportées à *Gymnophallus* Odhner, 1900; les synonymies suivantes semblent devoir être retenues : *somateriæ-œdemiæ*, *deliciosus-micropharyngeus* et *bursicola-dapsilis-bilis*; selon Stunkard et Uzmann ([3]), *G. ovoplenus* Jameson et Nicoll, 1913 serait à transférer dans *Parvatrema*. Nous envisagerons par ailleurs une discussion plus serrée dont nous donnons néanmoins ici quelques éléments caractéristiques qui, entre autres, nous permettent d'éliminer toutes les espèces décrites, à savoir, chronologiquement : *somateriæ* (Levinsen, 1881) pour sa taille et ses œufs plus grands, *deliciosus* (Olsson, 1893), pour la petitesse de son pharynx, *micropharyngeus* (Lühe, 1898) (= *deliciosus*), *bursicola* Odhner, 1900, pour les mêmes raisons que *somateriæ* mais aussi pour sa formule excrétrice et sa localisation, *choledochus* Odhner, 1900 comme *bursicola*, *dapsilis* Nicoll, 1909 (= *bursicola*), *affinis* Jameson et Nicoll, 1913 pour son rapport ventousaire, *macroporus* Jameson et Nicoll, 1913 également pour son rapport ventousaire, *œdemiæ* Jameson et Nicoll, 1913 (= *somateriæ*), *macrostomus* Yamaguti, 1939 aussi pour son rapport ventousaire et *bilis* Brinkmann, 1956 (= *bursicola*).

Nous proposons donc de désigner la forme que nous venons d'étudier sous le nom de *Gymnophallus nereicola* nov. sp. De nouvelles recherches tendront à élucider le cycle complet de cette intéressante espèce pour laquelle nous soulignons la rapidité de maturation chez le Canard domestique, nouvel hôte définitif.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) CARRÈRE, *C. R. Soc. Biol.*, 125, 1937, p. 159.

([2]) TIMON-DAVID et REBECQ, *Ibid.*, 152, 1958, p. 1731-1733.

([3]) STUNKARD et UZMANN, *Biol. Bull.*, 115, n° 2, 1958, p. 276-302.

([4]) STUNKARD, *XV*[e] *Cong. Intern. Zool.*, section VII, paper 12.

([5]) STUNKARD, *J. Parasit.*, 48, n° 1, 1962, p. 157.

(*Laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Marseille.*)

IMMUNOLOGIE. — *Sur la résistance aux enzymes microbiennes du pouvoir antigène de l'anatoxine staphylococcique.* Note (*) de MM. **Rémy Richou** et **Henry Richou**, transmise par M. Gaston Ramon.

Dans une Note précédente (1) nous avons montré que *des filtrats microbiens* (filtrats de culture de *Streptomyces griseus*, de *Bacillus subtilis*) peuvent détruire les propriétés léthale, dermonécrotique, hémolytique d'un *autre filtrat microbien* (filtrat de culture du staphylocoque) *tout en lui conservant tout ou partie de son pouvoir antigène.*

Dans une nouvelle série d'essais nous avons étudié l'action de ces filtrats sur les propriétés antigènes d'un certain nombre d'anatoxines staphylococciques. Voici deux de nos expériences :

Première expérience. — Huit lapins répartis en deux séries — tous dépourvus d'immunité antistaphylococcique d'origine naturelle — ont été immunisés de la façon suivante :

Première série. — Trois injections, à 4 jours d'intervalle, de 1, 2 et 4 ml de l'anatoxine staphylococcique n° 3086 (pouvoir de combinaison : + 0,10 — 0,15).

Deuxième série. — Trois injections, à 4 jours d'intervalle, de 1, 2 et 4 ml d'un mélange de l'anatoxine n° 3086 et d'un filtrat de *Bacillus subtilis* n° 1039 doué d'un pouvoir antidotique compris entre 50 et 100 unités. (A 60 ml d'anatoxine, on ajoutait 10 ml du filtrat de culture de *B. subtilis*. Après 6 h de contact à 37°, le mélange était conservé à la glacière à + 4°.)

Tous les lapins furent saignés 7 jours après la 3e injection et l'antitoxine staphylococcique titrée, par la méthode hémolytique, dans les sérums séparément et dans les mélanges des sérums de chaque série.

Le tableau I rend compte des résultats obtenus :

Tableau I.

Antigène injecté.	N° des lapins.	Antitoxine staphylococcique (en unités).
Anatoxine n° 3086	80	+ 0,2 — 0,5
	82	+ 20 — 30
	98	+ 0,5 — 1
	74	+ 0,2 — 0,5
	Mélange	+ 7 — 10
Anatoxine n° 3086 + filtrat de *B. subtilis* n° 1039	71	+ 7 — 10
	68	+ 0,1 — 0,2
	78	+ 7 — 10
	23	+ 0,2 — 0,5
	Mélange	+ 3 — 5

L'anatoxine n° 3086, mise en contact pendant 6 h à 37° avec un filtrat de *B. subtilis* doué de propriétés antidotiques, *a donc conservé pratiquement toute sa valeur antigène* (²).

Deuxième expérience. — Six lapins, antérieurement immunisés au moyen d'une anatoxine staphylococcique, sont répartis en deux séries :

Ceux de la première série reçoivent 4 ml du mélange *extemporané* : 20 ml de l'anatoxine staphylococcique n° 3088 (pouvoir de combinaison : + 0,20-0,25) + 4 ml du filtrat de *B. subtilis* n° 1049 (pouvoir antidotique : 200 unités).

Ceux de la deuxième série reçoivent 4 ml du même mélange *laissé en contact à l'étuve à 37° pendant* 6 h.

Le tableau II rend compte des titres d'antitoxine staphylococcique enregistrés dans les sérums 7 jours après l'injection.

Tableau II.

Mélange injecté.	N° des lapins.	Antitoxine staphylococcique (en unités). Avant l'injection	Après l'injection.
Mélange extemporané..........	26	+0,2 —0,5	+ 7 —10
	99	—0,1	+ 5 — 7
	74	+0,2 —0,5	+15 — 20
Mélange après 6 h de contact....	25	+0,2 —0,5	+ 7 —10
	78	—0,1	+ 7 —10
	65	—0,1	+ 7 —10

Les lapins ayant reçu le mélange anatoxine-filtrat après 6 h de contact à l'étuve à 37° recèlent donc, dans leur sérum, un taux d'antitoxine staphylococcique aussi élevé que ceux ayant reçu le mélange anatoxine-filtrat préparé extemporanément, *ce qui prouve que la valeur antigène de l'anatoxine n'est détruite ni extemporanément, ni après* 6 h *de contact avec le filtrat de* B. subtilis.

De ces résultats et d'autres obtenus dans des conditions identiques et que nous ne pouvons tous rapporter ici, il apparaît que les enzymes présentes dans les filtrats de culture de *B. subtilis* dont l'action protéolytique est pourtant intense, se montrent incapables de détruire le pouvoir antigène de l'anatoxine staphylococcique.

L'anatoxine staphylococcique — issue de la remarquable découverte de G. Ramon — apparaît de même que les autres anatoxines : diphtérique tétanique, etc., comme un antigène exceptionnel. En effet, douée d'une innocuité absolue, lorsqu'elle est utilisée dans les conditions que nous avons fixées dès 1935 avec G. Ramon, entraînant chez les sujets auxquels on l'injecte une immunité élevée, *elle conserve toute sa valeur antigène lorsqu'elle est soumise non seulement à l'action des enzymes microbiennes comme nous venons de le mettre en évidence*, mais aussi à celle du froid, du vieillissement, de la chaleur, etc.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) R. Richou et H. Richou, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 3106.

(2) On notera — fait que nous avons signalé maintes fois avec G. Ramon — les différences considérables constatées, dans le taux de l'immunité d'un animal à l'autre. Elles sont d'autant plus marquées que l'anatoxine n'était pas additionnée d'une substance adjuvante de l'immunité, *laquelle permet d'obtenir un taux élevé d'antitoxine*, même chez *les animaux dont la réactivité est faible.*

La séance est levée à 15 h 25 m.

R. C.

ERRATUM.

—

(*Comptes rendus* du 5 novembre 1962.)

Note présentée le 29 octobre 1962, de MM. *André Durif* et *Jean-Claude Joubert*, Étude de deux germanates spinelles :

Page 2472, tableau I, *au lieu de* $Ge_3ZnLi_2O_7$ et $Ge_3CoLi_2O_7$, *lire* $Ge_3ZnLi_2O_8$ et $Ge_3CoLi_2O_8$.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES D'OCTOBRE 1962.

(*Suite.*)

Sur la teneur en zinc des organes du lapin et de quelques vertébrés, par GABRIEL BERTRAND et R. VLADESCO. *Recherches sur les variations de la teneur en manganèse des feuilles avec l'âge*, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT. *Sur l'intervention probable du zinc dans les phénomènes de fécondation chez les animaux vertébrés*, par GABRIEL BERTRAND et R. VLADESCO. *Sur la présence simultanée du nickel et du cobalt dans la terre arable*, par GABRIEL BERTRAND et M. MOKRAGNATZ. *L'œuvre chimique de Pasteur*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 33, 1923 : *Sur la teneur en zinc du corps et de certains organes des invertébrés*, par GABRIEL BERTRAND et R. VLADESCO. *Sur la préparation et les propriétés du procellose, nouveau sucre obtenu à partir de la cellulose*, par GABRIEL BERTRAND et S. BENOIST. *Sur une méthode permettant de séparer quantitativement d'un mélange complexe de très petites quantités de cuivre, de zinc, de nickel et de cobalt*, par GABRIEL BERTRAND et M. MOKRAGNATZ. Tome 35, 1924 : *Sur le transport du cuivre à l'état gazeux et sur le cuivre-carbonyle*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la nature du celloïsobiose*, par GABRIEL BERTRAND et S. BENOIST. Tome 37, 1925 : *Recherches sur la présence du nickel et du cobalt chez les végétaux*, par GABRIEL BERTRAND et M. MOKRAGNATZ. *Recherches sur la présence du nickel et du cobalt chez les animaux*, par GABRIEL BERTRAND et M. MACHEBŒUF. Tome 39, 1926 : *Sur les proportions de cobalt contenues dans les organes des animaux*, par GABRIEL BERTRAND et M. MACHEBŒUF. *Sur la teneur relativement élevée du pancréas en nickel et en cobalt*, par GABRIEL BERTRAND et M. MACHEBŒUF. Tome 41, 1927 : *Sur la présence du sodium chez les plantes*, par GABRIEL BERTRAND et J. PERIETZEANU. *Sur les proportions relatives de potassium et de sodium chez les plantes*, par GABRIEL BERTRAND et D. J. PERIETZEANU. *Recherches sur la teneur en soufre total de quelques sols cultivés*, par GABRIEL BERTRAND et L. SILBERSTEIN. Tome 43, 1928 : *Sur l'acétolyse de la mannocellulose : obtention de deux nouveaux sucres, un tétramannoholoside et un pentamannoholoside*, par GABRIEL BERTRAND et JULES LABARRE. *Sur la présence générale du sodium chez les plantes*, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT. *Sur la présence ordinaire du baryum, et probablement du strontium, dans la terre arable*, par GABRIEL BERTRAND et L. SILBERSTEIN. *Sur les proportions de baryum contenues dans la terre arable*, par GABRIEL BERTRAND et L. SILBERSTEIN. *Sur la préparation, par la bactérie du sorbose, d'un nouveau sucre réducteur à 7 atomes de carbone*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES NITZBERG. *Sur l'α-glucoheptulose et l'α-glucoheptulite*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES NITZBERG. *Sur les proportions de potassium et de sodium contenues dans les algues marines*, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT. Tome 45, 1929 : *Sur la teneur en zinc des principaux aliments d'origine végétale*, par GABRIEL BERTRAND et BOJE BENZON. *Recherches sur la présence et la répartition du titane dans les plantes phanérogames*, par GABRIEL BERTRAND et Mme VORONCA-SPIRT. Tome 45, 1930 : *Sur le dosage du soufre et du phosphore dans les plantes*, par

Gabriel Bertrand et L. Silberstein. *Recherches sur la présence et la répartition du titane dans les plantes cryptogames*, par Gabriel Bertrand et Mme Voronca-Spirt. Tome 47, 1930. *Sur la répartition du nickel et du cobalt dans les plantes*, par Gabriel Bertrand et M. Mokragnatz. *Sur les proportions de potassium et de sodium contenues dans les plantes qui croissent en eau saumâtre ou sur le bord de la mer*, par Gabriel Bertrand et Mme Rosenblatt. *Recherches sur la présence et la répartition du titane chez les animaux*, par Gabriel Bertrand et Mme Voronca-Spirt. *Sur les variations de la teneur en zinc des animaux avec l'âge : influence du régime lacté*, par Gabriel Bertrand et Y. Beauzemont. *Résumé historique de la chimie des oses particulièrement depuis Emil Fischer*, par Gabriel Bertrand. Tome 49, 1931 : *Sur la teneur en zinc du foie chez le rat en voie de croissance*, par Gabriel Bertrand et Y. Brandt-Beauzemont. *Contribution à l'étude chimique de la pâte de guarana*, par Gabriel Bertrand et P. de Berredo Carneiro. *Recherches sur la teneur des plantes et, notamment des plantes alimentaires, en aluminium*, par Gabriel Bertrand et Georgette Lévy. Tome 51, 1932 : *Sur l'existence et sur la répartition de la caféine et de la théobromine dans les organes du guarana* (Paullinia cupana H., B. et K.), par Gabriel Bertrand et P. de Berredo Carneiro. *Peut-on compter l'or parmi les éléments de la matière vivante* ?, par Gabriel Bertrand. *Une étude comparative du dosage de la caféine*, par E. de Berredo Carneiro. Tome 53, 1933 : *Recherches sur la constitution du laccol*, par Gabriel Bertrand et Georges Brooks. *Sur l'existence du plomb dans la terre arable*, par Gabriel Bertrand et Yônosuke Okada. *Sur l'action favorisante du plomb dans les hydrogénations par l'amalgame de sodium*, par Gabriel Bertrand et S. Delauney-Auvray. *Le soufre et le phosphore dans les diverses parties du grain de blé*, par Gabriel Bertrand et L. Silberstein. 5e série, tome 1, 1934 : *Recherches sur le latex de l'arbre à laque du Cambodge* (Melanorrhœa lacifera Pierre), par Gabriel Bertrand et Georges Brooks. *Sur la teneur comparée en zinc des feuilles vertes et des feuilles étiolées*, par Gabriel Bertrand et M. Andreitcheva. Tome 2, 1935 : *Observations à propos des apports atmosphériques de soufre combiné aux terres arables*, par Gabriel Bertrand. Tome 3, 1936 : *Teneurs comparatives en soufre et en phosphore de plantes cultivées sur le même sol*, par Gabriel Bertrand et Lazare Silberstein. *Recherches sur la teneur comparative en bore de plantes cultivées sur le même sol*, par Gabriel Bertrand et Hermanus L. de Waal. *Sur la xylite pentacétique*, par Gabriel Bertrand. Tome 4, 1937 : *Nouvelles recherches sur les teneurs comparatives en soufre, en phosphore et en azote de plantes cultivées sur un même sol*, par Gabriel Bertrand et Lazare Silberstein. *Nouvelles déterminations de la teneur en bore de plantes cultivées sur le même sol*, par Gabriel Bertrand et Lazare Silberstein. Tome 5, 1938 : *Recherches sur la présence et la répartition du bore dans les gisements de sels potassiques d'Alsace*, par Gabriel Bertrand. *Sur une intervention insoupçonnée de l'industrie des engrais dans la diminution de fertilité des sols*, par Gabriel Bertrand. *Sur la répartition du bore dans les organes du Lis blanc*, par Gabriel Bertrand et Lazare Silberstein. Tome 6, 1939 : *Sur la quantité de zinc contenue dans l'eau de mer*, par Gabriel Bertrand. *Sur la composition du Laccol*, par Gabriel Bertrand, H. J. Backer et N. H. Haack. 1955 : *Paul Sabatier et la catalyse*, par Gabriel Bertrand. Paris, Masson; 144 extraits, 21 cm.

Extraits des *Annales agronomiques*, 1896 : *Sur l'existence de diastases oxydantes chez les végétaux et sur quelques cas où elles interviennent*, par Gabriel Bertrand. *Nouvelles recherches sur les ferments oxydants ou oxydases*, par Gabriel Bertrand.

1937 : *Nouvelles recherches sur les teneurs comparatives en soufre, en phosphore et en azote de plantes cultivées sur le même sol*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. 1939 : *Sur le pouvoir calorifique des bois et des tissus lignifiés*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES BROOKS. 1940 : *Sur la présence actuellement contestée du magnésium dans les grains de pollen*, par GABRIEL BERTRAND. 1955 : *Teneur en manganèse d'environ cinq cents échantillons de phanérogames*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. Paris, Dunod; 6 fasc. 24 cm.

Extraits des *Annales de Chimie et de Physique*, 7e série, tome 12, 1897 : *Recherches sur la laccase, nouveau ferment soluble, à propriétés oxydantes*, par GABRIEL BERTRAND. 8e série, tome 7, 1906 : *Sur l'état de la matière au voisinage du point critique* par GABRIEL BERTRAND et JEAN LECARME. *Sur le dosage de l'arsenic par la méthode de Marsh*, par GABRIEL BERTRAND et ZOLTÁN VÁMOSSY. *Sur la sorbiérite, nouveau sucre extrait des baies du sorbier*, par GABRIEL BERTRAND. Paris, Masson; 4 fasc. 23 cm.

La culture des organismes inférieurs dans l'eau de mer diversement modifiée, par P. DUFLOCQ, P. LEJONNE et GABRIEL BERTRAND. Extrait des *Bull. et Mém. de la Soc. médic. des Hôpitaux de Paris*, séance du 27 janvier 1899; 1 fasc. 24 cm.

Extraits du *Bulletin des sciences pharmacologiques*, nº 7, 1902 : *Sur les principes actifs du venin de crapaud commun*, par C. PHISALIX et GABRIEL BERTRAND. Nº 10, 1902 : *Recherche et dosage de la caféine dans plusieurs espèces de café*, par GABRIEL BERTRAND. Nº 9, 1905 : *Sur les cafés sans caféine*, par GABRIEL BERTRAND. Nº 12, 1906 : *Sur une méthode extrêmement sensible de précipitation du zinc*, par GABRIEL BERTRAND et MAURICE JAVILLIER. Nº 5, 1910 : *La composition chimique du Maté du Brésil et de l'infusion de Maté*, par GABRIEL BERTRAND et T. DEVUYST. Nº 2, 1911 : *Influence du manganèse sur le développement de l'*Aspergillus niger, par GABRIEL BERTRAND et MAURICE JAVILLIER. Nº 6, 1911 : *Influence combinée du zinc et du manganèse sur le développement et la composition minérale de l'*Aspergillus niger, par GABRIEL BERTRAND et MAURICE JAVILLIER. Nº 8, 1912 : *Recherches sur le manganèse normal du sang*, par GABRIEL BERTRAND et F. MEDIGRECEANU. Nº 2, 1914 : *Sur une méthode permettant le dosage des quantités extrêmement petites de bore dans les matières organiques. Sur le dosage rapide de l'acide borique normal ou introduit dans les substances alimentaires*, par GABRIEL BERTRAND et HENRI AGULHON. Nos 10-12, 1914 : *Sur l'emploi, en obstétrique et en chirurgie, de hautes doses de morphine comme analgésique*, par GABRIEL BERTRAND. Nº 12, 1931 : *Sur un réactif permettant l'obtention facile des cristaux d'hémine et leur moutage à partir du sang*, par GABRIEL BERTRAND. Paris, Faculté de pharmacie; 11 fasc. 24 cm.

Leçon inaugurale du cours de M. GABRIEL BERTRAND *à l'Institut Pasteur*, in *Annuaire de l'Association des élèves de Frémy*, 6e série, nº 1, 1905. Paris, Au siège; 1 fasc. 21,5 cm.

Sur l'emploi favorable du manganèse comme engrais, par GABRIEL BERTRAND, in *VI Congresso internazionale di chimica applicata*, Roma 1906; 1 feuille 26 cm.

Le dosage du soufre dans le caoutchouc vulcanisé, par GABRIEL BERTRAND, in *Le caoutchouc et la Gutta-Percha*, nº 41, 1907; 1 extrait 27 cm.

Ueber die Einwirkung des Bacillus bulgaricus auf verschiedene Zuckerarten, von GABRIEL BERTRAND und FR. DUCHÁCEK, in *Biochemische Zeitschrift beiträge zur chemischen Physiologie und Pathologie*, Bd 20, Heft 1 und 2, 1909. Berlin, Verlag von Julius Springer; 1 fasc. 23 cm.

Le dosage de la nicotine, par GABRIEL BERTRAND et MAURICE JAVILLIER, in *Revue de viticulture*, tome XXXV, nº 911, 1911; 1 fasc. 26 cm.

Sur le rôle des infiniment petits en agriculture, par GABRIEL BERTRAND, in *Transactions and Organization, eight international congress of applied chemistry*, Washington and New York, September 4 to 13, 1912; 1 fasc. 23 cm.

Sur quelques résultats obtenus par l'emploi des engrais catalytiques, par GABRIEL BERTRAND. Extrait du *Bulletin de l'Association des Chimistes de sucrerie et de distillerie de France et des Colonies*, 1912; 1 fasc. 24 cm.

Extraits des *Annales de l'Institut Pasteur*, s. d. *Recherches sur la production biochimique du sorbose*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la recherche et sur l'existence de l'arsenic dans l'organisme*, par GABRIEL BERTRAND. Tome XX, 1906 : *Action du ferment bulgare sur le lait*, par GABRIEL BERTRAND et GUSTAVE WEISWEILLER. Tome XXIII, 1909 : *Action du ferment bulgare sur les principaux sucres*, par GABRIEL BERTRAND et P. DUCHACEK. Tome XXIV, 1910 : *Sur la température mortelle des tyrosinases végétales*, par GABRIEL BERTRAND et ROSENBLATT. *Recherches sur l'individualité de la cellase et de l'émulsine*, par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON, 1912, n° 3 : *Influence de la température sur l'activité de l'émulsine*, par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON; n° 4 : *Action du manganèse sur le développement de l'*Aspergillus niger, par GABRIEL BERTRAND et MAURICE JAVILLIER; n° 10 : *Sur l'extraordinaire sensibilité de l'*Aspergillus niger *vis-à-vis du manganèse*, par GABRIEL BERTRAND; n° 11 : *Recherches sur l'hydrolyse comparée du saccharose par divers acides en présence de la sucrase d'*Aspergillus niger, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT; n° 12 : *Recherches sur le manganèse normal du sang*, par GABRIEL BERTRAND et F. MEDIGRECEANU. 1913, n° 1 : *Recherches sur la présence et la répartition du manganèse dans les organes des animaux*, par GABRIEL BERTRAND et F. MEDIGRECEANU; n° 4 : *Recherches sur la présence du manganèse dans la série animale*, par GABRIEL BERTRAND et F. MEDIGRECEANU; n° 5 : *Recherches sur l'hydrolyse comparée du saccharose par divers acides en présence de la sucrase de Koji*, par GABRIEL BERTRAND et M. et Mme ROSENBLATT. 1921 tome 35 : *Sur une curieuse modification de l'amygdalinase et de l'amygdalase due au vieillissement* par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON. *Influence de la température sur l'activité de la salicinase*, par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON. *Recherches sur la présence du manganèse dans le règne végétal*, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT. 1922, tome 36 : *Sur la répartition du manganèse dans l'organisme des plantes supérieures*, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT. 1924, tome 38 : *Recherches sur l'importance du zinc dans l'alimentation des animaux, expériences sur la souris*, par GABRIEL BERTRAND et BOJE BENZON. *Recherches sur l'étouffage des cocons de vers à soie. Étude d'un nouveau procédé à base de chloropicrine*, par GABRIEL BERTRAND. 1925, tome 39 : *Recherches sur la soi-disant réversibilité des actions diastasiques. Hydrolyse totale de la salicine par l'émulsine*, par GABRIEL BERTRAND et ARTHUR COMPTON. *Recherches sur l'importance physiologique comparée du fer et du zinc*, par GABRIEL BERTRAND et HIROSI NAKAMURA. *Sur un nouveau cas de mutation physiologique chez la souris*, par GABRIEL BERTRAND et HIROSI NAKAMURA. 1932, tome 49 : *Sur la teneur inégale en manganèse des feuilles vertes et des feuilles étiolées*, par GABRIEL BERTRAND et Mme ROSENBLATT. *Sur la présence de sulfures minéraux dans une terre arable*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. 1933, tome 50 : *Recherches sur l'importance des sulfates comme engrais*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. 1934, tome 52 : *Pasteur à Lille*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 53 : *L'ingestion journalière de petites quantités d'aluminium favorise-t-elle le cancer ?*, par GABRIEL BERTRAND et P. SERBESCU.

Recherches sur l'importance physiologique du nickel et du cobalt, par GABRIEL BERTRAND et HIROSI NAKAMURA. 1935, tome 55 : *Recherches sur l'action combinée du zinc et des vitamines dans l'alimentation des animaux*, par GABRIEL BERTRAND et R. C. BHATTACHERJEE. 1936, tome 56 : *Observations à propos des apports atmosphériques de soufre combiné aux terres arables*, par GABRIEL BERTRAND. Tome 57 : *Teneurs comparatives en soufre et en azote de plantes cultivées sur le même sol*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. *Recherches sur la teneur comparative en bore de plantes cultivées sur le même sol*, par GABRIEL BERTRAND et HERMANUS L. DE WAAL. 1937, tome 58 : *Sur une nouvelle réaction colorée du cuivre et de l'urobiline*, par GABRIEL BERTRAND et LOUIS DE SAINT-RAT. 1939, tome 62 : *Auguste Fernbach 1860-1939. Sur la quantité de zinc contenue dans l'eau de mer*, par GABRIEL BERTRAND. 1940, tome 64 : *Sur les variations de la teneur en bore des feuilles avec l'âge*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. *Sur la teneur en bore des feuilles dans la maladie du cœur de la betterave et d'autres plantes*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. *Sur la répartition du bore dans les organes du tabac des paysans*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. Tome 65 : *Sur l'action hyperglycémiante des venins de serpents*, par GABRIEL BERTRAND et RADU VLADESCO. 1941, tome 67 : *Recherches sur la répartition du bore dans les espèces végétales*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. 1942, tome 68 : *Recherches sur la teneur en bore des graines*, par GABRIEL BERTRAND. 1943, tome 69 : *Sur le magnésium contenu dans l'eau de pluie récoltée à Grignon*, par GABRIEL BERTRAND. 1944, tome 70 : *Sur le magnésium contenu dans l'eau de pluie récoltée à Paris*, par GABRIEL BERTRAND. 1945, tome 71 : *Sur la répartition du bore dans les diverses parties de la graine*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. *Le bore dans le grain de blé, la farine et le pain*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. 1946, tome 72 : *Sur l'origine multiple du magnésium contenu dans l'eau de pluie*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la présence générale du rubidium chez les plantes*, par GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND. *Sur le potassium de l'eau de pluie*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la présence générale du rubidium chez les animaux*, par GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND. 1947, tome 73 : *Sur une démonstration par voie biologique de l'existence du magnésium et du potassium dans l'eau de pluie*, par GABRIEL BERTRAND. 1948, tome 74 : *Méthode améliorée de recherche et de dosage de petites quantités de méthanol*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. 1949, tome 76 : *Nouvelles recherches sur la teneur relativement élevée de certains champignons en rubidium*, par GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND. *Action des solutions alcalines diluées sur le bois*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. *Recherches sur la teneur des vins en rubidium*, par GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND. Tome 77 : *Recherches sur les causes de variation de la teneur des vins en rubidium*, par GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND. 1951, tome 80 : *Sur la répartition du rubidium du sang entre le plasma et les globules*, par GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND. Tome 81 : *Recherches sur la présence générale et sur le rôle probable du sodium dans les plantes*, par GABRIEL BERTRAND. 1952, tome 82 : *Recherches sur la teneur des graines en rubidium*, par GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND. *Recherches sur le méthanol contenu dans le vin*, par GABRIEL BERTRAND et LAZARE SILBERSTEIN. Paris, Masson; 60 fasc. 24 cm.

Extraits du *Bulletin de la Société scientifique d'hygiène alimentaire*, tome VII, n° 10, 1919 : *Quel est le taux d'extraction de la farine qui assure la meilleure utilisation*

du blé?, par Gabriel Bertrand; tome VIII, n° 1, 1920 : *De l'importance des infiniment petits chimiques dans l'alimentation*, par Gabriel Bertrand; vol. 47, nos 4-5-6, 1959 : *La notion d'oligoéléments en biologie*, par Gabriel Bertrand; 3 fasc. 23,5 cm.

Extraits de *Chemia*, año V, num. 25-26, 1925 : *Gabriel Bertrand*, par G. Delpy; num. 27, 1926 : *Conferencias de quimica biologicas dictadas por el señor professor Gabriel Bertrand y redactadas por* Germaine Karman et Gaston Delpy : 1° *Détermination et dosage du manganèse chez les êtres vivants.* 2° *Recherche et dosage de l'arsenic.* 3° *Recherche et dosage du bore.* 4° *Dosage du cuivre, zinc, nickel et cobalt.* 5° *Lista cronologica de las publicaciones del professor Gabriel Bertrand.* Buenos-Aires, 2 vol. 23 cm.

Quatrième congrès national du froid. Strasbourg 24-27 septembre 1923. Extrait des comptes rendus publiés par l'*Association française du froid. Recherches sur la désinfection des chambres frigorifiques*, par Gabriel Bertrand et Bidault. Paris; 1 fasc. 24 cm.

Extraits du *Bulletin de la Société de chimie biologique*, tome V, n° 2, 1923 : *Projet de réforme de la nomenclature de Chimie biologique*, par Gabriel Bertrand; n° 9, 1923 : *Sur la séparation de la vitamine antinévritique de la levure à l'état de picrate*, par Gabriel Bertrand et A. Seidell. Tome VI, n° 3, 1924 : *Recherches sur l'importance du zinc dans l'alimentation des animaux. Expériences sur la souris*, par Gabriel Bertrand et Boje Benzon; n° 4, 1924 : *Sur une sorte de mutation physiologique observée chez la souris*, par Gabriel Bertrand et Boje Benzon; n° 7, 1924 : *Observations sur une méthode de microdosage de silicium et sur la teneur de certains organes en ce métalloïde*, par Gabriel Bertrand. Tome VII, n° 4, 1925 : *Rectification au mémoire de M. P. Thomas, sur une nouvelle réaction des pentoses*, par Gabriel Bertrand. Tome IX, n° 7, 1927 : *Propositions relatives à la nomenclature des glucides*, par Gabriel Bertrand. Tome XIII, n° 8, 1931 : *Sur la toxicité de l'aluminium, comparée à celle du fer, du nickel et d'autres métaux*, par Gabriel Bertrand et P. Serbescu. Tome XII, n° 1, 1935 : *Recherches sur l'importance du manganèse pour les animaux*, par Gabriel Bertrand et Hirosi Nakamura. Tome XVIII, n° 1, 1936 : *Sur le rôle physiologique du zinc chez les animaux*, par Gabriel Bertrand. Tome XXI, nos 7-8, 1939 : *Aperçu sur les origines de la chimie biologique*, par Gabriel Bertrand. Tome XXII, nos 5-6, 1940 : *Sur la glycémie du cobaye et du lapin sous l'influence du venin de cobra*, par Gabriel Bertrand et Radu Vladesco. Tome XXIII, nos 7-9, 1941 : *Sur la variation cyclique annuelle de toxicité du sang de la vipère*, par Gabriel Bertrand et Radu Vladesco. Paris, Masson, 13 fasc. 24 cm.

The importance of minute chemical constituents (Infiniment petits chimiques) of biological products : nickel, cobalt and insulin, by Gabriel Bertrand, in *Science*, new series, vol. LXIV, n° 1 669, 1926, New York, Eimer and Arnend; 1 fasc. 26,5 cm.

IXe Congrès de chimie industrielle. *Sur la nécessité de recours aux engrais à base de soufre et en particulier aux sulfates dans la culture intensive*, par Gabriel Bertrand. Paris, Chimie et industrie; 1 fasc. 27 cm.

Ueber die physiologische Bedeutung des Mangans und anderer Elemente, die sich in den Organismen spurenweise vorfinden, von Gabriel Bertrand, in *Zeitschrift für angewandte Chemie*, n° 47, 1931; 1 extrait 31 cm.

Le IVe Congrès de Chimie biologique, Paris, 8-10 novembre 1933. *Autour de la découverte de Payen et de Persoz*, par Gabriel Bertrand. Paris, Masson; 1 fasc. 24 cm.

Ueber Farbenänderungen der Pilze an der Luft. Untersuchungen über Boletus strobilaceus Scop, von GABRIEL BERTRAND, in *Biochemische Zeitschrift*, 258, 1933. p. 764. Berlin, Julius Springer; 1 extrait 23 cm.

Allocution de M. Gabriel Bertrand à la manifestation Jean Effront à l'Institut national des Industries de fermentation de Bruxelles, in *Annales de la Brasserie et de la Distillerie*, nº 22. Paris, 1933; 1 fasc. 27 cm.

Académie d'agriculture de France. Séance du 27 février 1935. *Discours de M. Gabriel Bertrand.* Séances des 29 avril et 6 mai 1936 : *Sur la constitution et la conservation du stock de blé dit de sécurité*, par GABRIEL BERTRAND et BRIOLAY. Alençon, Imprimerie alençonnaise; 2 fasc. 21 cm.

Extraits des *Annales des Fermentations*, tome I, 1936 : *Composition et méthode d'analyse des tissus végétaux lignifiés*, par GABRIEL BERTRAND. Tome II, 1936 : *Analyse et composition des tissus végétaux lignifiés : bois d'arbres angiospermes et gymnospermes*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES BROOKS. Tome III, 1937 : *Analyse et composition des tissus végétaux lignifiés : pailles, fibres, coques, etc.*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES BROOKS. Tome IV, 1938 : *Importance de traces d'éléments dans les processus biologiques*, par GABRIEL BERTRAND. *Sur la teneur en méthoxyle des tissus lignifiés*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES BROOKS. Tome V, 1939 : *Sur la maladie du cœur de la betterave et son traitement par le bore*, par GABRIEL BERTRAND. Tome V, 1940 : *Sur le méthanol contenu à l'état d'ester dans le bois et dans les tissus lignifiés*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES BROOKS. Tome VI, 1941 : *Recherches sur l'acide acétique combiné du bois et des tissus lignifiés*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES BROOKS. *Sur le rendement en furfural des principaux bois indigènes*, par GABRIEL BERTRAND et GEORGES BROOKS. Paris, Masson et Alençon, Imprimerie alençonnaise; 9 fasc. 24 cm.

La méthode de Kjeldahl pour le dosage de l'azote est-elle applicable aux recherches de chimie biologiques ?, par GABRIEL BERTRAND, in *Comptes rendus du Laboratoire Carlsberg*, sér. chim., vol. 22, 1937; 1 extrait 23,5 cm.

L'importance des éléments oligosynergiques en biologie, par GABRIEL BERTRAND. Roma, Ministero dell' interno. Istituto di sanita pubblica, Anno XV, 1937; 1 fasc. 24,5 cm.

VIᵉ Congrès de chimie biologique, Lyon 11-13 octobre 1937. *Sur la composition élémentaire de la matière vivante et sur le rôle des divers éléments dans les processus biologiques*, par GABRIEL BERTRAND; 1 extrait 24 cm.

Importance biologique du bore, en particulier chez les plantes, par GABRIEL BERTRAND, in *Recueil des travaux chimiques des Pays-Bas*, tome 57, nº 6, 1938. Amsterdam, Société anon. d'éditions scientifiques D. B. Centen; 1 extrait 23 cm.

Action des éléments oligosynergiques sur la nutrition, par GABRIEL BERTRAND. Roma, Reale Accademia d'Italia, 1938--XVI; 1 fasc. 25,5 cm.

Sur l'importance physiologique du manganèse et d'autres éléments contenus dans les organismes à l'état de traces, par GABRIEL BERTRAND. Leipzig, Akademische Verlagsgesellschaft, 1939; 1 fasc. 23 cm.

Sur la maladie du cœur de la betterave et son traitement par le bore, par GABRIEL BERTRAND, in *Sucrerie belge*, tome LIX, 1939. Bruxelles, J. Colassin; 1 fasc. 27 cm.

Introduction au cycle de conférences sur les diastases et l'industrie, par GABRIEL BERTRAND. Paris, Centre de perfectionnement technique, 1943; 1 fasc. 27 cm (multicopié).

Lavoisier et la chimie, par GABRIEL BERTRAND. Paris, Masson, 1945; 1 fasc. 21 cm.

La conservation du lait, par GABRIEL BERTRAND. Paris, Les Conférences du Palais de la Découverte, 1947; 1 fasc. 18 cm.

Sur la recherche de traces d'éléments dans les organes des plantes et des animaux, par GABRIEL BERTRAND, in *Analytica chimica acta*, 2, 1948. New York, Amsterdam, London, Brussels, Elsevier publishing Cy; 1 fasc. 25,5 cm.

Sur une méthode de microdosage des métaux alcalins applicable aux milieux d'origine biologique, par GABRIEL BERTRAND et DIDIER BERTRAND, in *Mikrochemie* vereinigt mit *Mikrochimica acta*, Bd XXXVI et XXXVII, 1951; 1 fasc. 23 cm.

IX Congresso internazionale industrie agrarie, Roma 1952. *Les oligoéléments dans la nutrition des plantes*, par GABRIEL BERTRAND; 1 fasc. 24 cm.

Sur un ouvrage peu connu traitant des fièvres et des fermentations, publié par Picoteaul en 1704, par GABRIEL BERTRAND, in *Actes du* VIII[e] *Congrès international d'histoire des sciences*, Florence, 3-9-septembre 1956. Firenze, Giuseppe Bruschi; 1 fasc. 24 cm.

Origine de la notion d'oligoéléments de la matière vivante, par GABRIEL BERTRAND, in *Pontificiae Academiae scientiarum scripta varia*, 14, 1956; 1 fasc. 24 cm.

Progrès récents en lyophilisation, par LOUIS REY. Introduction de A. S. PARKES. Paris, Hermann, 1962; 1 vol. 24 cm.

Acta universitatis upsaliensis 15. *Studies of nuclear properties and decay modes of radioactive nuclei*, by JOHN-ERIK THUN. Thèse. Uppsala, 1962; 1 fasc. 24 cm.

Ciba foundation symposium on transplantation. Edited by G. E. W. WOLSTENHOLME and MARGARET P. CAMERON. London, J. and A. Churchill, 1962; 1 vol. 21 cm.

Ministère de l'enseignement supérieur, secondaire et spécial de l'U. R. S. S. I et II. *Kataliz v vyscheï chkole* (Catalyse dans l'enseignement supérieur). Moscou, 1962; 2 vol. 26,5 cm.

Université Lomonosov. Faculté de géologie. *Istorija geologitcheskikh nauk v moskovskow Universitete* (Histoire des sciences géologiques à l'Université de Moscou), sous la direction de D. I. GORDEEVA. Moscou, 1962; 1 vol. 26,5 cm.

Biology of the white sea. Vol. I, by L. A. ZENKEWITCH. Moscow, State University, 1961; 1 vol. 22 cm (en langue russe).

Mekhanika grountov (Mécanique des sols), par NIKOLAÏ VASIL'EVITCH ORNATSKIĬ. Moscou, 1962; 1 vol. 26,5 cm.

Fisika tverdogo tela (Physique des corps solides), par GERMAN STEPANOVITCH JDANOV. Moscou, 1962; 1 vol. 26,5 cm.

Académie des sciences de l'U. R. S. S. Filiale d'Extrême-Orient V. L. Komarov. *Flora i paleogeografija Komandorskikh ostrovov* (Flore et paléogéographie des îles du Commandeur), par V. N. VASIL'EV. Moscou-Leningrad, 1957; 1 vol. 26,5 cm.

Id. Section de Sibérie. *Yen'chen' voprosy biologii* (Questions de biologie), par IGOR VLADIMIROVITCH GROUCHVITSKIĬ. Moscou, 1961; 1 vol. 26,5 cm.

Id. *Ptitsy oussouriĭskogo Kraja* (La région de l'Oussouri), par K. A. VOROB'EV. Moscou, 1954; 1 vol. 26,5 cm.

Id. *Novye sorta zemljaniki dlja primor'ja* (Nouvelles sortes de fraises pour le bord de la mer), par TAISIJA VASIL'EVNA SAMOĬLOVA. Vladivostok, 1961; 1 fasc. 20 cm.

Id. *Dikorastouchtchie mnogoletnie dekorativnye travjanistye rastenija Iouga dal'nego vostoka dlja zelenogo stroitel'stva* (Plantes sauvages vivaces à fleurs décoratives du sud Extrême-Orient pour l'architecture paysagiste), par MARIJA ALEKSEEVNA SKRIPKA. Vladivostok, 1960; 1 fasc. 26 cm.

Académie des sciences du Kazakstan. Institut de zoologie. *Ptitsy Kazakhstana.* T. II. (Oiseaux du Kazakstan), par VASILIĬ F. GAVRIN, IGOR A. DOLGOUCHIN, MSTISLAV N. KORCLOV, MARIA A. KOUZ MINA. Alma-Acta, 1962; 1 vol. 27 cm.

Académie des sciences d'Azerbadjan. Bibliothèque scientifique centrale. *Bibliografija izdaniĭ Akademii nauk azerbaidjanskoĭ S. S. R.*, 1945-1959 (Bibliographie des publications de l'Académie des sciences d'Azerbadjan). Bakou, 1962; 1 vol. 26,5 cm.

Id. Institut de geologie I. M. Goubkin. *Troudy tret'ego vsesoiouznogo sovechtchanija po litologii i mineralogii osadotchnykh porod* (Travaux du troisième colloque pan-unioniste sur la lithologie et la minéralogie des couches sédimentaires). Bakou, 1962; 1 vol. 26,5 cm.

Id. Institut de la chimie du pétrole. *Prostye efiry glikoleĭ* (Éthers naturels des glycols), par CHAMKHAL MAMEDOV. Bakou, 1961; 1 vol. 22 cm.

Id. Institut de médecine expérimentale et clinique. *Voprosy patologii Krovoo-brachtchenija i sistemy krovi* (Question sur la pathologie de la circulation et du système sanguin). Bakou, 1962; 1 vol. 21,5 cm.

Id. Conseil pour l'étude des forces productives. *Sistema irrigatsionns-meliora-tivnykh meroprijatiĭ dlja retchnogo konousa vynosa* (Système des mesures d'irrigation et d'amélioration d'un bassin fluvial). Bakou, 1962; 1 vol. 22 cm.

Monographies internationales de mathématiques modernes. 1. *Fonctions d'une variable complexe. Problèmes contemporains.* Mémoires réunis par A. I. MARKOU-CHEVITCH. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 24,5 cm.

Contribution à l'étude de l'influence des solvants sur le spectre infrarouge des molécules d'eau et de sulfure d'hydrogène, par PIERRE SAUMAGNE. Thèse. Bordeaux, Imprimerie Delmas, 1961; 1 fasc. 25 cm.

Université de Saïgon. Faculté des sciences. *Les associations végétales de la presqu'île de Cam-Ranh (Région deNha-Trang)*, par J. P. BARRY, LÊ CÔNG KIÊT, PHAM HOANG HÔ. *La végétation des plages vaso-sablonneuses de la presqu'île de Cam-Ranh*, par J.-P. BARRY. LÊ CÔNG KIÊT et VŨ VĂN CŬÓNG. *La carte de la végétation de la presqu'île de Cam-Ranh (au 1/50 000)*, par J. P. BARRY, LÊ CÔNG KIÊT et NGUYÊN VĂN THIUY. Saïgon, 1961; 3 fasc. 27 cm.

Acta universitatis upsaliensis. 10. *Experimental studies on myocardial function with special reference to ionic factors and the influence of hormones and cardiac glycosides in the dog heart-lung preparation*, by NILS-HOLGER ARESKOG, Thèse. Uppsala, 1962; 1 fasc. 22,5 cm.

Studies on the phytoplankton of some lakes connected with or recently isolated from the Baltic, by TORBJÖRN WILLÉN. Thèse. Odense, 1962; 1 fasc. 24 cm.

Journal of the physical society of Japan. Vol. 17, suppl. B-I. *Proceedings of the international conference on magnetism and cristallography*, Kyoto, 25-30 septembre 1961. I. *Magnetism.* II. *Electron and neutron diffraction.* III. *Neutron diffraction study of magnetic materials.* Tokyo, Physical society of Japan, 1962; 3 vol. 26 cm.

Proceedings of the symposium on steel structures. Compiled by JAPAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS and ARCHITECTURAL INSTITUTE OF JAPAN. Tokyo, Japan Society for the Promotion of Science, 1961; 1 fasc. 26 cm.

Proceedings of the fourth Japan Congress on Testing materials. Compiled by THE EDITORIAL COMMITTEE OF JAPAN . *Congress on testing materials* with cooperation of THE SCIENCE COUNCIL OF JAPAN. Kyoto, 1961; 1 vol. 28 cm.

Institut de botanique de l'Académie des sciences de Lithuanie. Société biochimique de Lithuanie. *Voprosy fiziologii i biokhimii* (Questions de physiologie et de biochimie). Vilno, 1962; 1 vol. 26 cm.

Académie des sciences de Lithuanie. Institut de botanique. *Parazitnye griby kul'tivirouemykh rasteniĭ Litovskoï S. S. R. i nekotorye voprosy biologii parazitnykh gribov* (Champignons parasites des végétaux cultivés en Lithuanie et quelques questions sur la biologie des champignons parasites), par K. Broundza. Vilno, 1961; 1 vol. 20 cm.

Exposé sur les fondements d'une géométrie constructive de l'espace euclidien à n dimensions, par Julien Malengreau. Montreux, Imprimerie Ganguin et Laubscher, 1962; 1 vol. 23 cm.

Électrostatique. Étude du champ électrique et applications, par N. Félici. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 fasc. 24 cm.

Flore du Gabon. N° 4. *Mélianthacées. Balsaminacées. Rhamnacées*, par Nicolas Hallé. Paris, Muséum National d'Histoire naturelle, 1962; 1 fasc. 25 cm (présenté par M. Roger Heim).

L'oxydation des métaux. Tome I. *Processus fondamentaux*, sous la direction de Jacques Bénard avec la collaboration de J. Bardolle, F. Bouillon, M. Cagnet, J. Moreau, G. Valensi. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 25 cm (présenté par M. Georges Chaudron).

Comité consultatif pour la définition de la seconde auprès du Comité international des poids et mesures. 2e session, 1961 (11-12 avril). *Comité consultatif pour les étalons de mesure des radiations ionisantes* auprès du Comité international des poids et mesures. 3e session, 1961 (3-4 octobre). Comité international des poids et mesures. *Procès-Verbaux des séances*. 2e série. Tome 29. 50e session, 1961 (9-12 octobre). Paris, Gauthier-Villars; 3 fasc. 22 cm (présenté par M. André Danjon).

Ciba foundation. Study group n° 13. *Resistance of Bacteria to the Pencillins* in honour of Sir Charles Harington. Edited by A. V. S. de Reuck and Margaret P. Cameron. London, J. and A. Churchill, 1962; 1 vol. 19 cm.

Department of air communication meteorological and geophysical Institute Djakarta. Preliminary report on effects of Una-Una Earthquake on april 29, 1960. *Department perhubungan Udara Djawatan meteorologi dan geofisik Djakarta. Reporting the flores earthquake*. 2 fasc. 24 cm.

Constitutional science. Part. V. *Causes and treatment of bronchial asthma and other allergic diseases*, by Yoshio Okahara. Part. VII. *Causes and treatment of human cancer*, by Yoshio Okahara, Kunio Okahara, Mitsuo Okahara, Michiko Okahara, Utako Okahara, Masakazu Okahara, Masayuki Okahara. Tokyo, 1962; 2 fasc. 26 cm.

Geographica. N° 27. *Virkestransporterna i kalix älvdal* 1951-1960, av Gunnar Hultland. Thèse. Uppsala, 1962; 1 vol. 25 cm.

Études d'histoire et de philosophie des sciences. Bucarest, Éditions de l'Académie de la République populaire roumaine, s. d.; 1 vol. 24,5 cm.

(*A suivre.*)

ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE ANNUELLE DES PRIX DU LUNDI 10 DÉCEMBRE 1962.

PRÉSIDENCE DE M. ARNAUD DENJOY.

M. **ARNAUD DENJOY** prononce l'allocution suivante :

MONSIEUR LE MINISTRE (1),

MESSIEURS,

Après deux années d'absence, nous nous retrouvons sous cette coupole rénovée, et je suis heureux à cette occasion d'adresser nos félicitations à notre éminent architecte, M. André Gutton.

Sans doute les douze mois écoulés depuis notre dernière Assemblée solennelle auront-ils été les plus meurtriers subis par notre Académie.

Nous avons perdu huit membres classés dans les sections particulières, un Membre libre, un industriel, un non résidant, trois Associés étrangers, et d'autre part cinq Correspondants.

Il est vrai, nous avions commencé l'année avec une dizaine de membres nonagénaires : Paul Portier et de la Vallée Poussin, nés l'un et l'autre en 1866, Gabriel Bertrand né en 1867, sont morts à 95 ans, Pol Bouin à 91.

En accord avec notre usage, pour saluer la mémoire de nos disparus j'appellerai leurs noms dans l'ordre des sections éprouvées par leur décès.

Ce fut un deuil profondément ressenti par notre Académie, et avec elle par l'Université de Paris, quand la mort de **JOSEPH PÉRÈS**, encore peu de jours avant parmi nous, vint le 12 février nous combler de stupéfaction.

(1) M. Gaston Palewski, Ministre d'État chargé des questions atomiques et spatiales.

Avant de s'illustrer dans un rôle de très grand administrateur, il avait fourni une carrière exceptionnellement brillante de savant et de professeur. Né à Clermont en 1890, entré à l'École Normale à 18 ans, agrégé à 21, il était docteur ès sciences en 1915. Jusqu'alors ses travaux, inspirés par notre illustre Associé italien Volterra, appartenaient à l'Analyse mathématique. Nommé professeur de Mécanique rationnelle et appliquée à la Faculté des Sciences de Marseille, il est attiré vers la Mécanique des fluides, où ses découvertes devaient lui conférer un rang éminent. Remarquant la similitude formelle reliant les équations de l'électromagnétisme à celles de la mécanique des fluides, il conçut l'idée vraiment géniale de résoudre par l'image électrique d'une répartition de courants un problème d'hydro- ou d'aérodynamique formulé en termes d'équations différentielles. Or l'intégration numérique de celles-ci soulève d'énormes difficultés.

Dans son laboratoire d'analogies électriques, installé à Marseille, le premier du genre dans le monde, et pendant 15 ans le modèle copié par tous les établissements du même objet, la détermination de la valeur et de la répartition des efforts supportés par une aile d'avion sont obtenus en quelques heures par un seul opérateur, au lieu d'occuper pendant plusieurs mois 20 calculateurs, pour finalement aboutir au même résultat.

Professeur à la Faculté des Sciences de Paris en 1932, il en devint le doyen en 1954 et le resta jusqu'en 1961. Son décanat aura été le plus actif et le plus fécond jusqu'à lui. Le transfert de la Faculté à la Halle aux vins, la création du Centre d'Orsay, le projet admis de la création d'une seconde Faculté dans la banlieue nord de Paris, aucun de ces résultats n'aurait été obtenu sans l'habileté, la ténacité patiente et souple, le charme personnel de Pérès. Ancien vice-président de l'ONERA, il avait l'an dernier été choisi comme président de la Fédération internationale d'Astronautique réunie à Washington. Il fut élu sans concurrent dans notre Section de Mécanique en 1942, à une date bien connue de moi, mon élection ayant eu lieu à la même séance.

Gabriel Bertrand, Membre de la Section de Chimie depuis 1923, était l'une des plus brillantes illustrations de notre Académie.

Au cours de sa carrière scientifique, débutant vers 1890 par la vaccination antivenimeuse obtenue avec Physalix, Bertrand a mis en évidence des natures de phénomènes totalement insoupçonnées avant lui et dont à sa suite en France et à l'étranger une foule de chercheurs ont travaillé

à reconnaître l'importance et le rôle quasi universels. Plus de 250 savants, pour près de la moitié étrangers à notre pays, vinrent seconder notre confrère dans l'élaboration de cette œuvre immense.

Gabriel Bertrand montra la présence indispensable dans les êtres vivants de ce qu'il appela les oligoéléments, métaux ou métalloïdes, dont il étudia personnellement une vingtaine, existant en proportions infimes, correspondant au 1/100000, parfois beaucoup moins, du poids de l'organisme. Leur carence amène la mort. Administrés à temps ils raniment la vie.

Pour légitimer des conclusions aussi précises, il faut employer des réactifs absolument nets de toute trace du corps dont la présence en si faibles quantités doit être établie. En vue d'obtenir des composés chimiques parfaitement purs, Gabriel Bertrand créa des méthodes d'une extrême rigueur dont l'adoption générale fut rapide.

Didier Bertrand, son fils et disciple, rédacteur de nos *Comptes rendus* hebdomadaires, ajouta de nouveaux oligoéléments à la liste dressée par son père.

Une découverte des plus surprenantes pour les spécialistes fut celle des oxydases, produits de l'attaque d'une diastase par un composé phénolique avec absorption mesurable d'oxygène. Auparavant les diastases étaient regardées comme des agents d'hydrogénation. Les oxydases tiennent une grande place dans l'industrie chimique et leur multiplicité ne cesse de croître. Le premier exemple en fut trouvé par Bertrand dès 1894, par le latex de l'arbre à laque du Tonkin. La même étude révéla l'influence du manganèse sur le développement des êtres vivants.

Je ne saurais songer à donner ici une idée du nombre, de la diversité des voies nouvelles où Gabriel Bertrand engagea la Chimie biologique au cours de sa longue vie.

En 1906 il avait succédé dans la chaire de Chimie biologique de la Faculté des Sciences de Paris à Émile Duclaux. Celui-ci donnait son enseignement à l'Institut Pasteur dont il assumait la direction. Toute l'activité de Gabriel Bertrand se déroula dans ce même établissement. Son laboratoire rendit à la Défense nationale de grands services pendant la guerre de 1914-1918, pour la protection contre les gaz asphyxiants et l'hygiène respiratoire dans les sous-marins.

Il serait fastidieux d'énumérer les Académies étrangères, les organismes et Académies de notre pays, dont il fut membre, les nôtres ayant été pour la plupart présidées par lui.

Les études géologiques en France ont beaucoup progressé sous l'action de **Charles Jacob**. Dans les Facultés, bien des chaires ont été occupées par ses élèves ou créées pour eux. Et ceux-ci ont formé les nombreuses promotions de physiciens-géologues dont notre nation manquait.

Jacob était né en 1878. A l'École Normale en 1902, délaissant les autres options, il choisit les sciences naturelles. Sitôt agrégé il devient à Grenoble préparateur du grand géologue Wilfrid Kilian, l'un de nos premiers membres non résidants. Il poursuit sept ans l'élaboration d'une Thèse sur la formation des Alpes françaises. L'un des premiers il utilise les vestiges laissés par les faunes d'Ammonites, de Rynchonelles pour établir les variations des niveaux marins : Il est le précurseur de la Biostratigraphie.

Mais devenant en 1912 professeur à la Faculté des Sciences de Toulouse, où il gardera sa chaire 16 ans, il dirige son activité vers l'étude des Pyrénées. Cependant, de 1914 à 1918, la guerre dispose de lui. Sergent, puis lieutenant d'infanterie, il passe à tous les points du front rendus fameux par l'acharnement et la longue durée de la lutte menée par nous pour les défendre ou les reconquérir. Il gagne dans ces combats trois citations dont une à l'ordre de l'armée.

Libéré en 1919, au lieu de retourner immédiatement à Toulouse, il doit accomplir la mission de réorganiser en Indochine le service géologique dont le directeur était, à juste raison, soupçonné d'imposture scientifique. En quatre années d'exploration, il détermine la structure générale de l'Indochine.

En 1922, il rentre à Toulouse. Il montre dans la formation des Pyrénées des mouvements vers le Nord, contrairement à l'opinion admise. Il s'agit d'une « chaîne de fond » où la couverture suit les mouvements du socle, enraciné sur place et non pas transporté. Les théories de Jacob trouvaient un contradicteur en l'un de ses collègues de la Sorbonne. Les meilleurs géologues de France et de l'étranger se réunirent pour confronter sur les lieux mêmes les thèses en présence. Celle de Jacob remporta l'unanimité des suffrages. Elle devait peu après amener les découvertes de pétrole et de gaz près de Saint-Gaudens.

Jacob fut directeur du C.N.R.S. sous l'occupation et par son aide secrète il sauva maint chercheur exposé à la persécution. Nombre d'Académies et Sociétés étrangères se l'étaient associé. Il fut élu en 1931 dans notre Section de Géologie. En 1949, il marqua sa présidence en décidant l'Académie à effacer les inégalités de droits désavantageant nos Membres libres et industriels.

Quand **Émile Roubaud** en 1905 et agé de 23 ans, entra sur l'invitation d'Émile Roux à l'Institut Pasteur, après un bref passage au Muséum, l'Afrique Équatoriale était ravagée par un insecte, la glossine ou mouche tsé-tsé, dont la piqûre faisait périr en masses le bétail et, par la maladie du sommeil, les êtres humains. On ne doutait pas du rôle joué par la glossine dans la survenance de ces maux. Mais faute de connaissances suffisantes sur cette mouche et les étapes de son action, on était impuissant à protéger contre elle ses victimes.

En 1906, Roubaud est, avec deux autres savants, envoyé en mission au Congo, où tous trois parcourent dans la brousse 600 km. Ils fondent, avant de rentrer, l'établissement qui devient plus tard l'Institut Pasteur de Brazzaville.

Roubaud avait découvert que la glossine, dont il distinguera plus tard neuf espèces, se nourrit du sang des grands fauves, mais qu'elle-même supporte un parasite, et c'est celui-ci qui, s'implantant avec la piqûre dans le corps, soit de l'homme, soit de l'animal, engendre la maladie le plus souvent mortelle. Ces parasites vivent dans le corps de la mouche, s'y reproduisent, et utilisent le sang aspiré par elle. La glossine gîte dans l'obscurité, au ras des eaux, sous des branchages. De 1909 à 1912 Roubaud retourne parcourir 10 000 km du Sénégal au Dahomey pour déterminer les zones particulièrement affectées par les maladies et préparer leur assainissement. En Afrique noire, des millions d'adultes et leur bétail doivent à Roubaud d'avoir échappé à une mort prématurée.

Citons quelques exemples dans l'œuvre très étendue et variée de Roubaud. Il a étudié les guêpes sociales et, dans les groupements de ces modestes animaux, il a observé l'intérêt individuel passant outre à l'intérêt général. Il y aurait donc là un phénomène de la nature, universel, inhérent à la matière vivante, et ne manquant pas de compliquer la collectivisation des sociétés humaines.

Chez certaines espèces d'insectes piqueurs, il vit se séparer deux variétés, différant par l'habitat, la nourriture, et préférant piquer, l'une la peau des hommes, l'autre celle des animaux. Dans nos moustiques, obsédants et acharnés, il a distingué deux espèces, l'une urbaine, l'autre rurale. Déjà La Fontaine ne confondait pas le rat des villes et le rat des champs.

Roubaud fut un grand bienfaiteur de l'humanité. Il était entré en 1938 dans notre Section de Zoologie.

Lorrain, né en 1885, **Christian Champy** avait commencé sa carrière à la Faculté de Médecine de Nancy auprès d'Auguste Prenant. Quand celui-ci fut nommé professeur d'Histologie à la Faculté de Médecine de Paris, Champy suivit son maître et lui succéda dans sa chaire en 1927. Nous l'avions accueilli dans la Section de Zoologie en 1953.

L'activité scientifique de notre confrère s'est inlassablement poursuivie pendant un demi-siècle dans de nombreux domaines de la Biologie et de la Pathologie. Multiplication et différenciation des cellules, croissance des tissus et croissance de l'organisme, régulations mutuelles des actions hormonales et des actions nerveuses avec leurs médiateurs chimiques; mécanismes biochimiques des agressions cancéreuses, tels furent en histologie les principaux chapitres enrichis par ses découvertes. Au cours de nos séances Champy aimait nous faire suivre le progrès de ses recherches en projetant sur l'écran des photographies caractéristiques.

Caractère cordial, généreux, mais bien trempé et prompt à la défense, Champy appelait et retenait la sympathie. Il avait joué un rôle actif dans la Résistance.

Né en 1876, **Philibert Guinier** a voué son existence à la forêt. Il en a fait l'objet d'une science particulière, dont le premier problème est d'établir les rapports entre les essences et la nature de terrains convenant à leur développement. Il a étudié la génétique du espèces sylvestres et, par cette voie, il a obtenu leur amélioration et fondé les principes de leur sélection.

Par ses importants travaux sur l'anatomie du bois, il a déterminé les épreuves à faire subir à cette matière suivant les emplois où on la destine.

Fils d'un forestier il fut attiré par l'École Nationale des Eaux et Forêts de Nancy où il entra en 1895. Il y revint quelques années plus tard comme assistant. Il y devint professeur et finalement la dirigea jusqu'à sa retraite en 1941. Nous l'élîmes en 1953 dans la Section d'Économie rurale.

Plus de 700 officiers des Eaux et Forêts ont été ses élèves ou ceux des maîtres formés à ses principes. Il a publié peu d'écrits, mais il a répandu ses doctrines par la parole et aussi par l'exemple des réalisations opérées sous ses ordres. Les succès dans l'implantation des arbres exotiques, le développement de la culture des peupliers sont en grande partie dus à Guinier. Le pays a perdu en lui un de ses bons serviteurs.

Paul Portier était l'un des plus grands biologistes produits par notre nation.

Il avait partagé avec Charles Richet la gloire d'avoir découvert le phénomène de l'anaphylaxie, qui est le contraire de l'immunité. Les deux savants, accompagnant sur le yacht *La Princesse Alice* le grand océanographe que fut le prince Albert Ier de Monaco, étudiaient les toxines sécrétées par les organes de certains animaux marins. Les recherches se poursuivaient dans les eaux du Cap Vert, aux derniers mois de l'an 1901. Les propriétés de l'actinie prédestinaient le chien *Neptune* à l'immortalité. Une première injection avait provoqué chez l'animal quelques éternuements et de fugitives démangeaisons. A la seconde injection administrée un peu plus tard et identique à la première, le chien s'écroula.

La première quantité de produit injecté, avait créé, au lieu de l'accoutumance et de la résistance souhaitée, une sensibilité catastrophique à l'action de la substance périlleuse.

Cette expérience, demeurée célèbre, fut l'origine d'innombrables travaux sur le mécanisme des réactions provoquées par les toxines. Et, d'autre part, congénitale ou acquise, la sensibilité anaphylaxique d'un organisme à l'intervention de certains agents a fourni l'explication d'une foule de maladies aujourd'hui qualifiées d'allergiques.

A partir de ses premières recherches originales Portier édifia une œuvre dont on ne saurait en quelques lignes faire connaître la variété, l'ampleur, la profondeur.

Il fut un précurseur dans le domaine de la Physiologie comparée, dans celui de la Biochimie. Il étudia le milieu intérieur des êtres marins, des insectes, comme d'autre part leur physiologie. Ainsi étudia-t-il le souffle, le sommeil, le tissu adipeux, la température des Mammifères marins, la bactériologie des océans, les insectes en leur vol, leur respiration, leur digestion, la chenille de la ronce, réalisant la vie exempte de microbes, le bain du canard, normalement ruisselant, sans jamais être « trempé » et dont Portier anéantit ce privilège, autant de menus détails d'un ensemble imposant, offrant aux savants le départ pour d'innombrables prolongements.

En Médecine, il s'occupa beaucoup des avitaminoses dont la découverte au début du siècle lui avait immédiatement inspiré d'importants travaux.

Charles Richet son aîné entra en 1914 dans notre Section de Médecine et de Chirurgie. A sa mort, en 1936, son siège revint à Portier.

Il était d'une compagnie charmante, un « gentilhomme de science » disait de lui d'Arsonval. Il avait beaucoup aimé la vie. « Elle ne m'inté-

resse plus », disait-il en ces dernières années, et il ajoutait : « On ne devrait pas vivre passé 80 ans ». Près de 16 années au-delà de ce terme entretinrent ses doléances, tout en différant pour le bonheur de ses amis le regret de le perdre.

L'Académie a déploré le décès d'**Henri Mondor** avant d'avoir eu la satisfaction de le voir siéger. Il a posé sa candidature dans la Section de Médecine et de Chirurgie en décembre de 1960, et aussitôt tous ses concurrents, s'effaçant devant lui, déclarèrent vouloir renoncer à la compétition active. A la fin de février suivant il venait de nous distribuer la Notice de ses travaux quand une attaque d'hémiplégie vint brutalement le frapper. Pour lui permettre de se montrer à ses futurs électeurs, le scrutin fut retardé jusqu'en novembre 1961. Mondor ne fut jamais en état de répondre à la convocation l'appelant à venir se faire accueillir par nous. Il mourut le 6 avril. Il atteignait le terme de ses 77 ans.

Un jour, à l'Académie dont statutairement les autres sont les quatre suivantes, des discours de haute qualité rendront l'hommage pertinent à l'écrivain, au juge de lettres, exquis de subtilité, d'adresse, fouillant, comme dans l'analyse anatomique entre les replis de chair, pour mener à la lumière les jeux de la physionomie d'une âme. Mais en ce moment je dois m'attacher au chirurgien, au clinicien, instruisant ses confrères médecins des cas impérieux du recours à la chirurgie.

Son œuvre de publications est immense. Et à toutes les questions abordées il donne dans une langue claire, admirablement descriptive, la réponse précise, exacte, définitive. Tous les chirurgiens du monde désignent par son nom certains symptômes d'accidents ou d'incidences. Il y a le signe de Mondor révélant une plaie du cœur, la maladie de Mondor liée à certaine phlébite.

Son livre *Diagnostics d'urgence* a par dizaines de milliers sauvé des vies humaines. Les manifestations externes trahissant la venue et le progrès d'une lésion abdominale interne, toujours rapidement mortelle, sont indiquées en un tableau si net et si complet que le médecin est immédiatement éclairé sur la vraie nature du mal et sait que la décision s'impose de faire sur le champ appel au chirurgien.

L'enseignement et la pratique de la chirurgie, à la Faculté de Médecine et dans les hôpitaux de Paris, ont été peuplés d'élèves et de disciples de Mondor. Ayant un caractère à la hauteur de son intelligence, il était droiture, franchise, noblesse, dégoût de l'intrigue et des manœuvres

louches. Toutes les vocations semblaient s'être donné rendez-vous en lui. Au Lycée, m'a-t-il dit, il excellait en mathématiques. Que ce fût pour écrire une lettre amicale ou pour dessiner l'image d'un objet gracieux et délicat, sa plume obéissait à une main artiste.

Une nature d'homme aussi complète, éminente dans la science, les lettres, l'art, honore la nation capable de produire cette exceptionnelle réussite.

Né en 1879, le physicien **Armand de Gramont** fut un remarquable expérimentateur. Au sortir de l'adolescence il se veut peintre. Cependant, sa vocation future perce vite. Le phénomène de la couleur et de la vision l'intrigue. Il s'inscrit à la Faculté des Sciences. En 1902, il est licencié. L'optique appelle tout d'abord ses recherches. Mais en 1905 le monde suit avec passion les premières tentatives de vol humain. Gramont entre en lice. Dressant sur une puissante automobile une longue perche et fixant à l'extrémité de celle-ci des surfaces rigides, planes ou gauchies, munies de petits manomètres, il obtient avec beaucoup de précision les lois des effets physiques essentiels à connaître pour la construction des premiers avions. Ces résultats lui valent le doctorat ès sciences en 1911.

La guerre vient en 1914. Attaché au Centre militaire d'Études aéronautiques, il invente des appareils précieux au pilote et au combattant. En 1916, Painlevé le prend au Bureau des Inventions, créé par ce grand ministre, l'un des artisans les plus certains de la victoire. Ému et, dans son patriotisme, humilié de voir nos états-majors contraints de faire venir d'Allemagne, par la voie des neutres, les appareils d'optique indispensables, encore songeant à la place jadis tenue par la France dans la science de la lumière, Gramont conçoit et soumet à Painlevé, aussitôt enthousiaste, le projet d'un Institut où l'optique, à la fois savante et industrielle, serait étudiée et enseignée. Dès la fin de la guerre, physiciens de la Faculté et fabricants s'accordent à souscrire aux plans de notre confrère. Celui-ci présidera jusqu'à sa mort le conseil de cet établissement, d'où 43 promotions d'ingénieurs et 38 de techniciens sont déjà sorties, justifiant pour son créateur la gratitude nationale.

Après la guerre, dans son laboratoire personnel, Gramont poursuit d'importantes recherches sur la piézoélectricité. Il invente, et son atelier construit, des appareils, rétinographes et gastroscopes pour les médecins, coronographes, astrolabe impersonnel pour les astronomes. Il produit les premiers microscopes électroniques.

Pour le grand public il écrit des articles dans les revues littéraires, et pour les ingénieurs des livres d'enseignement et d'information. L'Académie l'avait élu dans sa Section des Membres libres en 1931.

Héritier d'un nom historique, Armand de Gramont a tressé le filigrane d'or de la science autour de l'un des fleurons dessinant la couronne ducale de ses ancêtres.

La Section des Membres non résidants a perdu un grand maître de la Biologie moderne, **Pol Bouin**, le créateur il y a plus d'un demi-siècle, d'une science, l'Histoendocrinologie, dont le développement est devenu immense.

Fils d'un vétérinaire, il avait hérité de son père l'intérêt pour les phénomènes de la vie animale. A la Faculté de Médecine de Nancy, d'abord étudiant puis préparateur, ensuite agrégé auprès d'Auguste Prenant, il est attiré par ce dernier vers la cytologie et l'histologie, sciences respectives des cellules constituant les corps vivants et les tissus qu'elles forment.

Son premier travail, datant de 1894, il avait 25 ans, concerne les cellules ganglionnaires de la rétine. Mais bientôt Bouin aborde le sujet dont il ne devait plus s'écarter, l'étude des cellules endocrines, particulièrement testiculaires et ovariennes.

A partir de 1903 se déroule une vaste série de recherches sur la structure et l'histogénie du testicule, le rôle prépondérant de la glande interstitielle pour l'action générale sur l'organisme et l'apparition des caractères sexuels secondaires.

Parallèlement, dès 1899, il étudie la fonction des deux glandes à sécrétion interne de l'ovaire, la glande interstitielle et le corps jaune.

En 1908, avec la collaboration d'Ancel, il observe l'action déterminante du corps jaune sur le développement de la glande mammaire et les processus de la gestation.

En 1908, il avait succédé dans la chaire d'Histologie de Nancy à Auguste Prenant nommé à Paris. Après la victoire de 1918, il entre à la Faculté de Médecine de Strasbourg, où il fonde un grand Institut d'Histologie moderne. Il groupe autour de lui une brillante équipe de chercheurs dont l'un devait devenir notre Secrétaire perpétuel, M. Robert Courrier.

D'abord Correspondant en 1932, il était devenu Membre de notre Académie en 1945.

Albert Portevin a joué un grand rôle dans la transformation de la métallurgie empirique en une science empruntant à la physique et à la chimie leurs méthodes expérimentales et leurs théories.

Les travaux de Portevin eurent pour principal objet la structure des métaux et des alliages, étudiée en vue de leur utilisation pratique. La découverte, puis l'amélioration progressive des aciers inoxydables se placent dans les 20 premières années de ce siècle. Portevin, né en 1880, prit une grande part à ces réussites. Il établit les conditions permettant d'usiner les aciers au chrome, même à forte teneur. La trempe des aciers opère dans la matière des modifications discontinues, dépendant de la vitesse de refroidissement. Ces faits, d'une importance fondamentale pour l'industrie, furent mis en lumière avec la dernière précision par Portevin. Grâce à lui, l'automatisation de la trempe dans les conditions les plus parfaites possibles est aujourd'hui réalisable.

On peut encore citer comme problèmes mineurs, mais de grande importance pratique, et résolus au mieux par Portevin, la fusion des alliages et la soudure.

La réputation de notre confrère était universelle. C'était un conférencier très demandé à l'étranger. En 1942, candidat à un siège dans la Division des Sciences appliquées à l'industrie, il avait, privilège rare, obtenu l'unanimité des suffrages.

C'était un confrère agréable, gai, cordial, engendrant la sympathie.

Nos associés, l'un belge, l'autre italien, décédés depuis notre dernière Assemblée solennelle, étaient tous deux mathématiciens. Un troisième, physicien vient de nous quitter.

Toute la carrière de **Charles de la Vallée Poussin** s'est déroulée dans sa ville natale de Louvain. D'abord ingénieur diplômé des Arts et Manufactures, du Génie civil et des Mines, il se détourna vite de la profession industrielle pour obéir à son goût passionné pour les mathématiques. Il obtient promptement une chaire à l'Université, et à 30 ans, en 1896, il acquiert parmi les mathématiciens une renommée universelle en réalisant à la suite de notre vénéré confrère M. Hadamard, un grand progrès dans une question d'un inépuisable intérêt, celle de la répartition des nombres premiers, c'est-à-dire dépourvus de diviseurs. Les philosophes grecs avaient beaucoup médité sur la nature de ces nombres insécables

en parties égales. Ératosthène démontra que leur succession est indéfinie. Toutefois, ils se font de plus en plus rares quand on avance dans l'échelle des nombres naturels; le degré de cette déficience avait été présumé par Legendre. Mais justifier cette intuition, et ensuite, comme le fit La Vallée Poussin, la préciser, ce problème avait durant trois quart de siècle défié la perspicacité des analystes.

La Vallée Poussin fut ensuite l'un des pionniers aidant à débroussailler la vaste théorie, créée par l'École française, des fonctions de variables réelles dans leurs rapports avec les ensembles géométriques. Ces relations sont fondées sur la mesure de ces derniers et sur l'intégration. Ces nouvelles disciplines étaient adoptées d'enthousiasme par toute la jeunesse mathématique d'il y a un demi-siècle.

De La Vallée Poussin avait été élu associé en 1945 après être resté 30 ans notre Correspondant. Il était très attaché à notre pays. Ses ascendances lointaines étaient françaises. La Vallée était un peintre apparenté à Poussin, dont il avait lié le nom au sien.

Né en 1879, élu notre Associé en 1957, **Francesco Severi** est mort en décembre de 1961, mais l'annonce de son décès nous parvint seulement au début de la présente année.

Il souhaitait devenir ingénieur; mais l'enseignement de Corrado Segré à l'Université de Turin l'attira vers la science pure. Il était professeur à l'Université de Padoue quand, l'Italie s'étant lancée en 1915 dans la guerre, il s'engagea. De brillantes citations militaires lui furent décernées. Toutefois, en 1945, il lui fut reproché d'avoir montré trop de docilité au régime fasciste.

Depuis 1928, il occupait une chaire à l'Université de Rome, où il fonda l'Institut de Hautes mathématiques. Il en reçut le titre de président à vie.

Severi fut dans son pays le grand animateur des études de Géométrie algébrique, où l'École italienne s'est acquis une réputation universelle.

Un premier exploit avait donné l'essor au renom de Severi. Émile Picard avait abordé l'extension aux surfaces algébriques des intégrales de première et seconde espèce définies sur les courbes. La Mécanique analytique, celle des fluides en particulier, offrent à ces théories de très importantes applications. De grandes et difficiles questions de nature nouvelle se posaient. Elles arrêtaient notre illustre compatriote et ses émules. Alors âgé

de 29 ans, Severi franchit ces obstacles. En récompense de ces travaux et sur la proposition d'un jury formé de Poincaré, Max Nœther et Castelnuovo, la médaille Guccia fut décernée au jeune savant à l'ouverture du fameux Congrès de Rome en avril 1908.

J'eus à ce voyage la révélation de l'Italie, et ce souvenir en moi ne s'éteindra qu'avec la vie. La plupart des grands mathématiciens du monde s'étaient donné rendez-vous à cette occasion. De chez nous étaient venus Poincaré, Hadamard, Picard, Darboux, Borel. MM. Hadamard, Montel et moi sommes en France les seuls survivants de cette réunion. Je n'en connais pas ailleurs, même en Italie.

La mort de **Niels Henrik David Bohr**, notre glorieux associé danois, est trop récente pour que l'Académie ait encore pu lui rendre son premier hommage rituel par la lecture, en l'une de nos séance régulières, d'une Notice rapportant avec tout le développement convenable, la vie et l'œuvre du grand disparu.

Dans un an, à cette place, mon successeur présentera, dans un tableau dont les dimensions plus succinctes sont imposées par le déroulement de notre solennité, les titres acquis par Niels Bohr à l'admiration des physiciens.

Après ce rappel des mérites de nos disparus, Membres nationaux ou étrangers, je parlerai de nos Correspondants.

Né à Moscou en 1882, enfant d'une famille riche et puissante, **Dimitri Pavlovitch Riabouchinsky** ressentit dès l'âge adulte l'attrait des recherches scientifiques. Le Professeur Joukowski, grand spécialiste de la Mécanique des fluides, le dirigea vers l'Aérodynamique. Au début du siècle ni laboratoire ni étude théorique n'existaient pour fonder cette science nouvelle. Sur ses fonds personnels, Riabouchinsky créa et entretint, pour le matériel et les collaborateurs, un laboratoire à Koutchino. S'ignorant l'un l'autre, Riabouchinsky et Armand de Gramont, son aîné de trois ans, étaient animés de la même pensée et visaient le même but.

La révolution de 1917 contraignit Riabouchinsky et sa famille à fuir précipitamment la Russie. Venu à Paris, il obtint les concours nécessaires avec l'appui de Painlevé. Plus tard, il fut rattaché à l'Institut de Mécanique des fluides, créé sur l'initiative de notre confrère Albert Caquot.

Les études de Riabouchinsky portèrent sur les mouvements de l'avion rapidement variables, à l'atterrissage, dans les virages et les acrobaties pratiquées pour échapper au danger. Le savant reconnut la formation de cavités et de tourbillons creux, expliquant certains faits dont la cause était ignorée. Il édifia une théorie tourbillonnaire de l'hélice.

Dans un ordre de recherches voisin il avait été amené à construire le premier un canon sans recul, et aussi des fusées et des canon-fusées.

Il était Correspondant pour la Section de Mécanique depuis 1935.

Henri Baulig, Correspondant pour la Section de Géographie et Navigation depuis 1949 fut un brillant représentant de la géomorphologie.

Il avait aux États-Unis suivi l'enseignement et adopté les idées de William Morris Davis sur l'eustatisme, théorie de l'évolution du relief, définie par la variation du niveau des océans, celle-ci étant attribuée à l'aplanissant de la surface terrestre, par l'effet de l'érosion normale, fluviale. Il consacra un livre au *Problème des terrasses*.

Baulig, après avoir enseigné à l'Université de Rennes, fut appelé en 1919 à occuper une chaire de la nouvelle Université française de Strasbourg. Son laboratoire fut fréquenté par de nombreux étudiants étrangers. Dans les congrès organisés par l'Union géographique internationale sa compétence pour toutes les questions concernant la morphologie du globe était unanimement reconnue.

Lucien Andrieux, notre Correspondant depuis 1953, et dont la carrière s'est entièrement déroulée à Grenoble, a été l'un de nos chimistes les plus éminents.

L'importance de ses travaux et de ceux qu'il avait inspirés à de nombreux élèves et collaborateurs, firent agréer sans difficulté son projet de créer dans sa ville une École nationale d'Électrochimie et d'Électrométallurgie, édifiée selon de vastes plans et dotée de larges crédits. Ce magnifique établissement répond aux grands besoins industriels de la région environnante.

La Thèse de doctorat soutenue par Andrieux en 1929 sur l'électrolyse des oxydes dissous dans l'anhydride borique ou les borates fondus préfaçait toute l'œuvre ultérieure de ce savant. Diversifiant les éléments auxquels il appliquait ses procédés, il a créé un nombre important de méthodes nouvelles pour obtenir quantité de métalloïdes et métaux, par exemple le bore, le silicium, le germanium, etc. dans un état de grande pureté.

L'industrie, particulièrement en Amérique, a profité avec empressement de ces préparations du bore, des borures doués d'un pouvoir abrasif élevé et d'une nature réfractaire exceptionnelle. Ces techniques intéressent la fabrication des réacteurs atomiques.

Le botaniste viennois **Erich Tschermak von Seysenegg** qui vient de mourir à 91 ans était, depuis 1937, notre Correspondant pour la Section d'Économie rurale. Ce fut un grand spécialiste de l'hybridation. Par la combinaison et la recombinaison d'un couple d'espèces, il en créait une nouvelle, stable et féconde, pouvant réunir en elle les qualités précieuses des deux espèces mères, par exemple pour les blés ou les avoines, la productivité et la résistance aux parasites. La plupart des plantes actuelles sont des hybrides, accomplis par les jeux spontanés de la nature ou par l'empirisme intuitif de nos ancêtres plus ou moins lointains. Les fleurs d'un pied de pois se fécondent entre elles. En apportant le pollen d'un autre pied, avec cette fécondation croisée recommandée par Darwin, il augmenta le nombre de graines produites. Il fut ainsi conduit à retrouver, simultanément avec de Vries et Corren, la loi de Mendel, publiée et passée inaperçue 40 ans plus tôt, puis oubliée. De Vries le premier avait fait connaître sa retrouvaille en mars 1900 par une Note de nos *Comptes rendus*, dont le rôle international était reconnu à cette époque et devrait, selon mes vœux, prendre un nouveau départ.

Inspiré par Th. Morgan, Tschermak contrôlait les chromosomes des cellules composantes et des résultantes. Il appela cryptomérie l'existence de caractères cachés persistants, réapparaissant à la faveur d'une hybridation. Deux espèces de giroflées à fleurs blanches se combinent en une espèce donnant des fleurs violettes. Les premières sont des hybrides dont les ascendances ont en commun une plante à fleurs ainsi teintées.

Israël Holmgren, médecin suédois, notre Correspondant depuis 1938, et mort à 90 ans, était un ami chaleureux de notre pays. Il fut le plus grand représentant de la Médecine interne et de la Clinique dans les pays nordiques. A 87 ans il publia deux importants volumes groupant une partie de ses mémoires, et où se reflète l'évolution de la médecine suédoise au cours de la longue période vécue par l'auteur.

Holmgren s'intéressa d'abord à la glande thyroïde et à son influence sur le développement de l'organisme, à la tuberculose, aux maladies de l'intestin, où il montra le rôle des bactéries iodophiles. Pour déceler l'hyper-

tension préludant aux hémorragies cérébrales, il inventa un appareil à vide permettant d'apprécier la résistance ou de manifester la fragilité des petits vaisseaux.

Fils d'un célèbre professeur de Physiologie à l'Université d'Upsala, il était lui-même professeur de Médecine générale à l'Institut Karolinska. En 1936, l'Université de Paris le nomma docteur *honoris causa*.

Il avait occupé d'importantes fonctions administratives, il avait même participé à la vie politique de la Suède. C'était un tempérament énergique, ne souffrant ni la tyrannie ni l'injustice.

II

Après le devoir pieux rendu au souvenir de nos morts, déplorablement nombreux cette année, je dois passer à la vie qui suit son cours dans notre Académie.

Mon discours d'installation du 3 janvier invitait mes confrères à se demander si les structures fondamentales de notre Compagnie, demeurées à peu près invariables depuis 1816, étaient encore adaptées à la vocation de l'Académie, dont la règle doit être de s'ouvrir aux plus éminents représentants de toutes les grandes doctrines constituant les sciences exactes et expérimentales contemporaines. Ainsi l'Académie serait-elle toujours aisément pénétrée par les courants d'idées renouvelant l'ensemble de nos sciences.

Parmi celles-ci les onze ayant il y a plus d'un siècle et demi été choisies pour donner chacune son nom et sa destination à une de nos sections, figurent-elles encore aujourd'hui le tableau fidèle et complet des disciplines les plus importantes ? Le statut de nos correspondants nous permet-il d'obtenir d'eux le meilleur concours possible ?

On aurait pu penser qu'attachée à sa tradition, voyant dans l'immuabilité la garantie de sa durée, l'Académie écarterait mes suggestions par une opposition de principe. Le changement crée le temps. Le temps est la succession des changements. A l'âge de notre moyenne le goût manque de forcer le cours du temps.

Tout au contraire un vote mit en évidence une très nette majorité favorable à l'étude de notre réforme, mon projet étant retenu pour offrir aux discussions une base de départ.

Étant donné deux objets de même nature et de même destination, en mathématique, nous prouvons qu'en ajoutant au premier ce qui lui manque et lui retranchant ce qu'il a de trop, on aboutit à le convertir en le second. Pour montrer que le problème de notre réforme n'était pas insoluble, j'en avais édifié une solution complète et détaillée. Par le mécanisme progressif décrit à l'instant, il devait être possible d'en déduire la solution la plus judicieuse. J'aurais offert pour matière à ces opérations le néant

si je m'étais borné à exprimer des vœux, une espérance, à décrire des buts, sans proposer une voie d'accès, un moyen d'atteinte.

Dès le mois de janvier, l'Académie avait désigné une commission de 14 membres, à raison d'un par section, avec autant de suppléants, chargés de définir les dispositions nouvelles dont l'adoption serait la plus opportune. La commission, réunie trop rarement, a déposé dernièrement son rapport, dont l'Académie, saisie tardivement, n'a pas eu le temps d'aborder la discussion.

Les membres qui, en janvier, ont voté pour le *statu quo*, contre toute modification à notre régime, resteront vraisemblablement sur leur position. Mais la majorité favorable à des changements organiques ne trouvera pas excessives, je l'espère, les mesures suggérées par la commission. Certains, j'en suis convaincu, les jugeront en partie un peu timides. On peut être assuré d'ailleurs qu'elles seront examinées par nous tous avec un profond souci des grands intérêts de l'Académie et de la science française.

Le projet de la commission, malgré son inspiration modeste, aurait sans doute des conséquences favorables de grande importance. L'Académie n'en ayant pas encore délibéré et restant souveraine maîtresse du destin réservé aux vues de la Commission, je dois m'abstenir de révéler aujourd'hui celles-ci.

* * *

Dans mon discours du 3 janvier, je me plaignais de la pénurie budgétaire dont nous souffrions. Dans le courant de cette année les démarches de nos dévoués secrétaires perpétuels ont rencontré auprès des services de l'Éducation Nationale une compréhension de nos intérêts bien plus accueillante que jadis. Nos Comptes rendus des séances hebdomadaires paraissent devoir obtenir les grandes majorations de crédits nécessaires, en particulier pour donner gratuitement aux auteurs des articles, les tirés à part accordés universellement par toutes les publications périodiques. Notre ambition serait de recevoir communication immédiate de toutes les découvertes scientifiques importantes, en raison de l'avantage unique trouvé chez nous par les auteurs d'assurer leur priorité dans le délai de dix jours séparant chaque séance de son Compte rendu publié.

Je demandais d'autre part qu'un budget de représentation nous fût affecté en vue de l'envoi par l'Académie de délégués aux célébrations intéressant la science et où nous sommes conviés. Également l'Académie devrait avoir les moyens de recevoir à son tour les savants étrangers, ou même nationaux, en des commémorations du même genre.

Les relations interacadémiques ne sauraient être confondues avec les rapports culturels généraux. Elles justifient un budget de dépenses distinct, afin que la figuration française ne soit pas inférieure en importance à celle des autres États.

Dans quatre ans, l'Académie de Lavoisier et de Pasteur atteindra la 300e année de son existence. Si en 1945 le trouble des temps fut en partie responsable de l'insuffisante célébration du 150e anniversaire de l'Institut, en 1966 nous espérons que la France ne manquera pas de glorifier avec un grand éclat le terme de trois siècles au cours desquels en foule les savants de la nation ont mérité l'estime du monde.

III

Nous sommes une Académie des sciences. Mais un savant, qu'est-il ? Le génie A et le génie B apportent chacun sa réponse.

Le génie A inspire les précieuses intelligences des hommes qui, engagés dans une entreprise commune de la vie sociale ou d'ordre spéculatif, sont capables de songer à des choses essentielles, ou à tel point capital, auxquels personne autour d'eux ne pense. Ce sont les hommes sachant tirer d'eux-mêmes ce que personne d'autre n'y a mis.

Pour le génie A, le vrai savant, celui dont l'histoire marquera le passage, est l'auteur d'une découverte dont nul avant lui n'avait eu l'idée et qui ouvre la voie à la solution de nombreux et vastes problèmes restés jusqu'alors en suspens.

Avide d'exploiter son succès par la diversité des applications tirées de son idée nouvelle, d'autre part tourmenté par le souci de reconnaître si oui ou non, au-dessus du palier où il s'est arrêté, l'ascension peut se poursuivre en élargissant le champ de la vue, le même savant devient étranger à de nombreux chapitres de sa propre science.

L'érudition dessert sa pensée, la dirigeant, puis la maintenant sur des voies déjà suivies et dont il ne saura plus s'évader. Auteur ou lecteur, il faut choisir.

Une connaissance nouvelle acquise nous rend plus intelligent si elle appelle notre attention sur un fait constant ayant jusqu'alors échappé à notre remarque et dont elle nous fournit l'explication. Il n'y a pas de gain pour l'esprit à s'instruire d'une autre sorte de savoir.

La vérité nouvelle, souvent révélée au chercheur à la fin d'un long, d'un laborieux détour, étant une fois publiée, répandue, le zèle des initiés la relie promptement au corps des connaissances déjà communes par une voie large et facile. C'est maintenant un bien mêlé au fonds banal familier à tous les spécialistes de la discipline en cause. Invoquer ensuite cette loi inscrite dans la science, n'aura nullement le sens d'un recours à l'œuvre de son découvreur, dont l'écrit ne sera plus consulté. Car la route hésitante et sinueuse décrite par le pionnier n'apprend rien au nouveau chercheur.

Le génie A ne cesse de philosopher. Tout événement, important ou minime, s'offrant à notre observation est un effet nous sollicitant de trouver sa cause. Tout nous pose un problème de genèse. Pour le résoudre

certain savoir est nécessaire, et fréquemment notre expérience personnelle, ajoutée au répertoire des idées courantes, y suffit. Tout le surplus de particularités enregistrées semblant pouvoir prêter un concours utile à notre recherche, cette surabondance nous dessert, masquant la source véritable du fait étudié, notable par sa fréquence ou par sa curieuse singularité.

Seulement après avoir épuisé ce qu'il peut tirer de lui-même, de ses observations, de ses remarques, le génie A se décide à s'informer des jugements exprimés par autrui sur le même sujet. Il est préparé à reconnaître leurs faiblesses et à mesurer l'intérêt d'une vue demeurée étrangère à sa pensée.

Telles sont les doctrines propres au génie A, et dont le génie B dans les dispositions que je lui prête, prendra avec passion le contrepied. Il en résultera deux conceptions opposées du savant.

Je confesse immédiatement d'avoir poussé à la charge la figure du génie B. Ce sera le personnage de comédie jamais réalisé intégralement par aucun des êtres humains, prêtant toutefois à certain d'entre eux nombre de ses traits.

*
* *

Rien tant n'indispose, n'agace, n'irrite, n'exaspère, ne met en fureur les fervents du génie B, que les suffragants du génie A dans leur prétention altière à la totale originalité de leurs découvertes, à l'absolue priorité de celles-ci.

Non, est-il protesté, il n'y a pas d'idées réellement nouvelles. Il n'y a que le développement de pensées déjà conçues par nos prédécesseurs, mais exprimées sous forme trop succincte, énigmatique, et dont le continuateur se borne à déchiffrer le sens, à tirer le contenu.

Un prince de l'édition scientifique française dira : c'est en « fouillant » les écrits de ses aînés que le savant fait ses découvertes.

Les gens de la vieille Sorbonne, disparue avec l'Ancien Régime, exagéraient leur système en réduisant la pensée universelle à celle d'Aristote, en se gaussant de Descartes, Pascal, Montesquieu et autres soi-disant philosophes, ces fantoches s'imaginant tirer de leurs fonds personnel l'idée de vérités insoupçonnées avant eux, alors que tout, physique, morale, politique, philosophie, tout était dans l'œuvre du grec inégalable. A cette référence manifestement trop étroite, le génie B substitue l'ensemble de ce qui a été pensé, dit, écrit avant nous. Ce qui vient aujourd'hui à l'esprit d'un homme a été antérieurement à lui déjà remarqué par un autre.

A ce compte, pensera-t-on, si chaque novateur se borne à retrouver ce qui a déjà été conçu, le premier humain issu d'un dernier primate avait eu le cerveau traversé par l'intuition de tout ce que l'humanité a cru découvrir.

*
* *

Conséquent avec lui-même, le génie B proclame que le grand, le seul problème posé par une œuvre de savant, d'écrivain, d'artiste, est de trouver les sources d'où cette production dérive. Et si l'idée apparaissant dans l'inspiration de l'auteur se rencontre antérieurement chez un autre, celui-ci a été une source du premier.

Le génie A répond : Si l'on remet à un chimiste un corps composé, quand il en aura fait l'analyse des constituants, donnez-lui des échantillons de chacun de ceux-ci. Il en opérera la synthèse et l'objet primitif sera reproduit. Découvrez mille sources d'une œuvre de l'esprit. Vous aurez beau les réunir, les ordonner, vous ne referez jamais cette création.

Il y a surtout une source omise par le génie B, celle que Descartes appelait le grand livre du monde, livre de la nature, livre de l'âme individuelle, livre du spectacle offert par la société des hommes, livre largement ouvert sous les yeux de chacun. Que deux hommes, s'ignorant l'un l'autre, y lisent la même phrase et l'entendent au même sens, pourquoi soutenir que le premier en date a inspiré le second ?.

Le génie A prenant des exemples parmi les mathématiciens célèbres, se refuse de voir les grands savants trouver chez un prédécesseur l'inspiration de leurs découvertes.

Par des considérations de mécanique, la vitesse d'un point mobile étant le rapport de la différentielle du déplacement infiniment petit à la différentielle du temps, Leibniz pouvait déjà être conduit au calcul infinitésimal, vingt ans après la mort de Pascal, trente après celle de Descartes. A-t-il, chez ces géomètres, trouvé trace d'une intuition préludant à sa découverte ?

Pascal avait 14 ans quand Descartes publia sa géométrie analytique, substituant aux définitions imagées des courbes des liaisons entre des nombres, les coordonnées. Pascal resta fermé à cette innovation. Il continua la géométrie des anciens, la déclarant en même temps parfaitement vaine et inutile. Il avait raison. Ces lignes et surfaces réalisant une perfection homogène par tout l'ensemble de leur étendue sont sans exemple dans la nature. Les ellipses approximativement décrites par les planètes sont fortement altérées par l'attraction des satellites et des autres planètes. Mais Pascal n'eut pas la moindre intuition qu'admettre la perfection géométrique de la nature dans l'infiniment petit, au premier degré, ou à un degré limité, devait faire des mathématiques l'instrument capital des progrès futurs accomplis par la physique et la mécanique.

Le problème des tangentes aux courbes en leurs divers points obséda les géomètres du XVIIe siècle. Descartes ne s'aperçut pas qu'il avait converti ce sujet en un problème d'algèbre dont la solution lui mettait dans le creux de la main le calcul différentiel, un lycéen de treize ans le montrerait aujourd'hui. La moindre intuition de cette nouvelle analyse livrait immédiatement celle-ci au grand philosophe. Mais un mur de ténèbres cachait à

sa vue perçante une idée pourtant si simple. Leibniz n'a rien dû à ses prédécesseurs.

Inutile de poursuivre : La vérité, n'en déplaise au génie B, est celle-ci : Les grandes découvertes sont dues à la réflexion personnelle s'exerçant sur un fonds banal de connaissances.

Pour en finir avec le problème des sources, ajoutons que le génie A s'intéresse moins aux racines de l'arbre, davantage à la beauté de la frondaison et à la qualité des fruits.

* * *

Quant à nous, mathématiciens, le génie B, armé de ses principes, nous règle prestement notre affaire. Il nous déclare : « Vos définitions des caractères et des espèces une fois posées, en elles se trouvent impliquées, incluses, toutes les conséquences énoncées par vous en forme de théorèmes. Vous n'ajoutez rien. Vous ne créez rien de nouveau. »

Rien de plus vrai. Le globe terrestre nous est donné. Donc avec lui tous les gisements minéraux, houillers, pétroliers. On les obtiendrait tous, et même les pépites d'or, en forant jusqu'au centre de la terre, et analysant au fur et à mesure les débris remontés, un réseau suffisamment serré de puits verticaux. Mais, localisé par la géologie et la physique, le sondage productif est directement élu entre cent mille de stériles. Le gisement attendait le prospecteur. Le difficile était de trouver le chemin pour atteindre le filon.

Prenez sous votre bras gauche un dictionnaire de notre langue, dans votre main droite notre grammaire. Vous tenez la totalité des œuvres les plus parfaites de nos écrivains, poètes, romanciers, hommes de théâtre. En effet, chacun de leurs ouvrages est uniquement constitué de mots entendus au sens indiqué par le dictionnaire, et les flexions verbales y sont conformes aux règles de la grammaire. En conséquence, dictionnaire et grammaire, la donnée de ces deux systèmes, durant l'entière période de leur validité, renferme toute la littérature française passée, présente et future. Mais, dans l'inimaginable multiplicité des possibles, l'auteur, conduit par l'idée, a choisi, ordonné. Et ce fut l'œuvre.

Une découverte mathématique est fondée sur un raisonnement jamais conçu dans son intégralité auparavant. La démonstration invoque une chaîne de vérités déjà familièrement connues et se succédant selon un ordre immodifiable, tout autre étant arrêté par un défaut de contact ou une pétition de principe. Deux propositions, comme deux objets, peuvent être ordonnées de deux manières différentes, trois objets, de six manières; quatre de 24, cinq de 120, six de 720, sept de plus de 5 000. Une foule d'esprits peuvent avoir l'intuition que les chaînons du raison-

nement à édifier doivent appartenir à certain secteur du fonds banal mathématique. Si la voie du succès passe par sept propositions, parmi toutes les successions ordonnant celles-ci, plus de cinq mille aboutissent à une impasse. Une seule atteint le but. Un homme le premier a su la trouver, sans autre guide que lui-même, après bien des faux départs annulés, des erreurs de route corrigées, bien des intuitions fausses rejetées, les justes étant discernées. Virtuellement, toutes les voies possibles existent. Le difficile est d'en frayer une au réel.

*
* *

A l'avis du génie B, très vite comprendre au sens littéral et aussitôt retenir la pensée d'autrui est chez un homme le don de la suprême intelligence.

Vu de cette part, le grand savant regorge de citations, de références, et son esprit emmagasine quantité de faits solidement établis. Pour le moment, les enregistrer suffit. Il sera toujours temps de philosopher sur eux. A la masse du tout s'apprécie la culture.

Puisqu'il y a tout dans le déjà remarqué, déjà noté, déjà décrit, s'imaginer trouver du nouveau est une ridicule aberration.

Rien de plus déplaisant au génie B qu'une opinion dite personnelle tirée par quelqu'un de son propre fonds. Sur n'importe quel sujet le disciple du génie B sait qu'il dépend de lui seul d'acquérir la vue juste et complète. La manière en a été fixée dès longtemps et une fois pour toutes. On établit la bibliographie totale de la question, on court les dépôts de livres, on en revient chargé de fiches, on classe, on ordonne ces matériaux. La vérité apparaît avec ses cautions. Osera-t-on ajouter de soi-même une conclusion ? Oui. Et avec une grande fermeté apparente, prêtant son pelage à une forte circonspection. Des coups d'œil à gauche, à droite, derrière soi. On n'est pas aventuré. On est suivi. On recueillera le « bene, bene dixit; dignus, dignus... ».

On nous avertit que vouloir s'expliquer au jour le jour les événements de l'époque présente est insensé. Il faut attendre cinquante ans pour disposer de toutes les pièces indispensables à un jugement fondé.

Mais, dans cinquante ans, l'esprit de notre temps, donnant leur sens aux actes de nos hommes politiques, sera oublié. Et notre intérêt s'attache à l'histoire s'élaborant à cette heure autour de nous, et non pas à celle d'il y a cinquante ans.

Avec le génie B l'objet de toute science chère à sa prédilection est d'établir des faits purs de toute incertitude.

Pour le service rendu le modeste travailleur de l'obédience B est au penseur ce qu'est à l'architecte le tailleur de pierres bien équarries. Ils peinent tous deux pour la construction qu'ils n'imagineront pas.

Nos pères rapportant un fait aimaient compléter leur récit par la phrase : « la morale de cette histoire... » pour montrer qu'une maxime de sens général trouvait son illustration dans l'événement raconté.

Du côté B, la certitude assurée d'un fait mérite à celui-ci un intérêt sans égal. D'une telle histoire la morale ? Il n'y en a pas, ni besoin.

Les ardents fidèles du génie B veulent à tout prix démontrer de chaque auteur célèbre qu'il a été comme eux gavé d'informations livresques. Ainsi acquièrent-ils le sentiment de l'amener dans leur groupe, de se rendre semblables à lui.

*
* *

On peut prêter au génie B la conception d'un cadastre réservant à chacune des disciplines, et pour l'y confiner, un lot fortement clôturé, et dévolu à un corps hiérarchisé de titulaires dûment qualifiés, chacun d'eux incarnant face à autrui cette science particulière dont tous ensemble ils exercent le sacerdoce.

Les savants humblement dévoués au génie A effacent sur le sol les traces du bornage pour rendre leurs terrains libres à l'accès et au passage. En mathématique, un médecin Farey, un avocat anglais Cayley, un ingénieur bien connu ont tiré de leur propre fonds plutôt modeste, et fait applaudir avec empressement, les principes de théories dont certaines connurent une belle carrière.

*
* *

L'enseignement, nous le savons en France, s'étage sur trois degrés, le premier de notions élémentaires, le second de culture, le troisième de spécialité.

Mais en lui se distinguent aussi trois natures différentes, comme j'en pris conscience une fois nommé à la Faculté des sciences de Montpellier, il y a plus d'un demi-siècle.

L'enseignement du troisième degré n'est vraiment *supérieur* que si le professeur expose des vérités ignorées avant lui et une théorie fondée par lui-même sur elles.

L'enseignement authentiquement supérieur se réclame du génie A. Il se rencontre principalement dans les Facultés scientifiques et les Établissements analogues. Là le postulant d'une chaire n'a pas à faire état de la somme de ses connaissances empruntées à d'autres. Ce titre là serait nul. Seul entre en ligne de compte ce qui lui est personnellement dû dans la science sujet de l'enseignement à pourvoir, ce qu'en elle on ignorait avant lui, ce que l'on y sait grâce à lui, la qualité, l'importance, l'intérêt de cet apport devant faire ensuite l'objet d'un jugement de valeur.

Lecteurs continuels de la Bible où le vrai est révélé aux hébreux par des hommes inspirés, protestants et juifs voient dans le professeur d'université la race des prophètes.

L'enseignement est *secondaire* quand le maître traite de vérités bien connues, mais en les présentant sous un jour, d'un point de vue, avec des arguments, qui lui sont propres; si, d'un théorème classique il donne une démonstration personnelle, s'il trouve une interprétation ingénieuse et neuve au texte difficile d'un écrivain obscur.

L'enseignement est *primaire* si rien, ni le fond du sujet, ni la façon de l'expliquer, de l'exposer, n'appartient en propre à l'instructeur.

Aux trois sortes d'excercice de l'enseignement par un maître, la musique donne en image : le compositeur, l'interprète, l'exécutant.

Les instituteurs, en dépit de l'esprit imaginatif dont beaucoup d'entre eux font preuve, sont, par les matières convenant au premier degré et à l'âge de leurs élèves, à peu près nécessairement confinés dans le primaire.

Au second degré, le plus souvent le primaire s'impose, le secondaire apparaissant à l'occasion plus ou moins fréquente.

De même au troisième degré, le primaire se glisse, le secondaire domine longuement, ou parfois le supérieur pur règne sans éclipse.

Dans l'examen de type scolaire, l'interrogateur se fait élève et il invite le candidat à jouer le rôle du maître, à instruire son auditeur. Si au plus haut niveau, l'étudiant, le candidat, est simplement prié de répéter, avec intelligence et fidélité en parts égales, une page du cours ou du manuel, quel encouragement adressé mentalement serait-il mieux approprié que celui-ci : « Allons, Monsieur, tentez de briller en primaire du troisième degré »?

On tient le rôle d'un professeur d'enseignement incontestablement supérieur en soutenant une thèse de doctorat ès sciences.

Toutes ces idées sont maintenant profondément familières à notre peuple. Elles lui étaient restées longtemps étrangères.

*
* *

Notre langue française progresse à l'étranger, nous dit-on. Chez nous malheureusement elle régresse.

« Je venais fréquemment, je vins un jour, je suis venu deux fois. » Trois mentions d'événements accomplis déjà. L'imparfait : temps de l'aube, soulevant le rideau sur un avenir de perspectives sereines, l'espoir en des promesses de lendemains, l'attente récompensée.

Un crime inexpiable de nos enseignants est d'avoir laissé disparaître de la conjugaison de nos verbes le passé défini. Forme brève, sobre, couvrant la vibration sourde de nos fibres profondes, nos pères, incultes même, le

chérissaient, la meilleure pureté de nos écrivains l'ont recherché. Par lui, dans le récit, la couleur de légende teintait le fait encore même récent. C'est le temps du passé clos sans retour, le passé du crépuscule, le cœur au bord de l'émotion.

Il nous reste le passé indéfini, terne, neutre, plat, insensible, inerte comme un procès-verbal.

Le latin offre l'avantage d'être parfaitement accessible à une incomparablement plus vaste médiocrité d'esprits que notre langue. Ouvrir devant nos lycéens, explorer avec eux ce clavier aux innombrables sonorités distinctes, si riche en séquences de chromatisme subtil, serait la plus heureuse affectation d'une bonne partie des mille et mille heures prises à la vie des élèves pour l'étude des langues mortes. Et quant au surplus de ce temps devenu disponible, pour initier la jeunesse à la vie sociale et aux intimités de l'âme, harmonisées à la nature de notre peuple, comment chercherait-on ailleurs que parmi les trésors de pensée et de forme accomplie, accumulés depuis cinq siècles dans la fleur de notre littérature ?

Mais en ouvrant ce nouveau procès, j'enflerais encore la dimension de ce discours déjà si long, et, après ma profession de foi en la vertu de nos humanités nationales, je m'arrête sur le vœu que la France apprenne à connaître son vrai génie, source pour elle d'honneur et de respect, et ensuite qu'elle sache lui demeurer fidèle.

PRIX ET SUBVENTIONS ATTRIBUÉS EN 1962.

MATHÉMATIQUES.

Commissaires : MM. J. Hadamard, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, A. Denjoy, R. Garnier, J. Leray, M. Fréchet, N...

PRIX FRANCŒUR (1.250 NF). — Le prix est décerné à M. **Jean-Louis Koszul**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour l'ensemble de ses travaux sur la topologie, la théorie des groupes et la géométrie. *Rapporteur :* M. J. Leray.

PRIX CARRIÈRE (900 NF). — Le prix est décerné à M. **Georges Bourion**, professeur à la Faculté des sciences d'Alger, pour l'ensemble de ses travaux relatifs à la théorie des fonctions. *Rapporteur :* M. P. Montel.

MÉCANIQUE.

Commissaires : MM. A. de Gramont, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, P. Montel, H. Beghin, M. Roy, J. Leray, N...

PRIX MONTYON (2.800 NF). — Le prix est décerné à M. **Pierre Selme**, ingénieur, pour l'ensemble de ses travaux de microscopie électronique. *Rapporteur :* M. A. de Gramont.

PRIX HENRI DE PARVILLE (2.000 NF). — Le prix est décerné à M. **Georges Brillouët**, doyen de la Faculté des sciences de Nantes, pour ses travaux de mécanique des fluides et de calcul numérique. *Rapporteur :* M. H. Villat.

ASTRONOMIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, L. de Broglie, G. Julia, G. Fayet, P. Montel, A. Danjon, A. Couder, P. Tardi, J. Coulomb, A. Lallemand.

PRIX DAMOISEAU (1.200 NF). — Le prix est décerné à M. **Jean Kovalevsky**, astronome-adjoint au Bureau des longitudes, pour ses travaux de mécanique céleste. *Rapporteur :* M. G. Fayet.

PRIX LA CAILLE. — Le prix, porté à titre exceptionnel à 1.500 NF, à l'occasion du bicentenaire de la mort de l'Abbé La Caille, est décerné à M. **Charles Fehrenbach**, directeur de l'Observatoire de Marseille, pour ses travaux sur le ciel austral. *Rapporteur :* M. A. Danjon.

PRIX DESLANDRES (2.500 NF). — Le prix est décerné à M. **Jean Dufay**, correspondant de l'Académie des Sciences, directeur de l'Observatoire de Lyon, pour ses travaux de spectroscopie. *Rapporteur :* M. A. Couder.

GÉOGRAPHIE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, L. de Broglie, É.-G. Barrillon, R. Courrier, G. Poivilliers, H. Humbert, P. Tardi, R. Brard, J. Bourcart, J. Coulomb, A. Gougenheim.

PRIX BINOUX (1.950 NF). — Le prix est décerné à M. **André Guilcher**, professeur à la Faculté des lettres de Paris, pour ses travaux de morphologie littorale. *Rapporteur :* M. J. Bourcart.

PRIX AIMÉ LAUSSEDAT (900 NF). — Le prix est décerné à M. le Général **Louis Hurault**, directeur honoraire de l'Institut géographique national, pour sa contribution au développement de la photogrammétrie et de ses applications à la cartographie. *Rapporteur :* M. G. Poivilliers.

NAVIGATION.

Commissaires : MM. H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, É.-G. Barrillon, H. Beghin, G. Darrieus, G. Poivilliers, M. Roy, J. Leray, L. Escande, P. Tardi, R. Brard, J. Bourcart, A. Gougenheim, N...

PRIX PLUMEY (4.600 NF). — Le prix est décerné à M. **Marcel Marcheix**, professeur à l'École nationale supérieure du Génie maritime, pour ses études concernant les appareils moteurs à vapeur des navires, les résultats qu'il a obtenus, et pour ses appareils montés sur le paquebot « France ». *Rapporteur:* M. G. Poivilliers.

PHYSIQUE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, A. de Gramont, L. de Broglie, C. Gutton, G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, F. Perrin, J.-J. Trillat, J. Lecomte, J. Laval.

PRIX HUGUES (1.700 NF). — Le prix est décerné à M. **Boris Vodar**, directeur du laboratoire des hautes pressions au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur la thermodynamique et la physique des hautes pressions. *Rapporteur :* M. G. Ribaud.

PRIX EN HOMMAGE AUX SAVANTS FRANÇAIS ASSASSINÉS PAR LES ALLEMANDS EN 1940-1945 : HENRI ABRAHAM, EUGÈNE BLOCH, GEORGES BRUHAT, LOUIS CARTAN, FERNAND HOLWECK (1.500 NF). — Le prix est décerné à M. **Robert-Olivier Prudhomme**, directeur à l'École pratique des hautes études, chef de laboratoire à l'Institut Pasteur, pour ses travaux relatifs aux effets biophysiques des ultrasons. *Rapporteur :* M. H. Moureu.

CHIMIE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, J. Duclaux, A. Portevin, R. Courrier, L. Hackspill, P. Pascal, Ch. Dufraisse, G. Chaudron, G. Champetier.

PRIX MONTYON DES ARTS INSALUBRES (2.800 NF). — Le prix est décerné à M. **Pierre Faugeras**, ingénieur-chimiste au Centre d'études nucléaires de Fontenay-aux-Roses, en récompense de ses efforts pour rendre salubres des travaux effectués sur le plutonium dans les services de l'énergie atomique. *Rapporteur :* M. P. Pascal.

PRIX LA CAZE (4.600 NF). —Le prix est décerné à M. **Pierre Souchay**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur les équilibres et mécanismes de réactions en solution. *Rapporteur :* M. G. Champetier.

FONDATION CAHOURS (800 NF). — Un prix est décerné à M. **Omourtague Dimitrov**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses études sur les propriétés physiques et structurales des alliages avec des métaux de très haute pureté. *Rapporteur :* M. G. Chaudron.

MÉDAILLE BERTHELOT. — La médaille est décernée à M. **Pierre Souchay**, lauréat du prix La Caze. *Rapporteur :* M. G. Champetier.

PRIX ÉMILE JUNGFLEISCH (8.000 NF). — Le prix est décerné à M. **Paul Fleury**, professeur honoraire à la Faculté de pharmacie de Paris, pour sa carrière féconde en travaux de chimie organique. *Rapporteur :* M. M. Delépine.

FONDATION CHARLES-ADAM GIRARD (850 NF). — Un prix est décerné à M. **Armand Marie de Ficquelmont**, ingénieur en chef au Laboratoire municipal de la Préfecture de police de Paris, pour ses travaux sur les chlorures de polyphosphonitrile. *Rapporteur :* M. G. Champetier.

GÉOLOGIE.

Commissaires : MM. Ch. Jacob, F. Grandjean, R. Courrier, P. Pruvost, R. Perrin, J. Piveteau, G. Delépine, L. Moret, J. Wyart, C. Arambourg.

PRIX JOSEPH LABBÉ (800 NF). — Le prix est décerné à MM. **Jean Fabre**, **Robert Feys** et **Charles Greber**, ingénieurs géologues au Bureau de recherches géologiques et minières, pour leurs travaux sur la zone houillère briançonnaise. *Rapporteur :* M. P. Pruvost.

PRIX CARRIÈRE (900 NF). — Le prix est décerné à M. **Henri Saucier**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux de pétrographie expérimentale. *Rapporteur :* M. J. Wyart.

FONDATION PAUL FALLOT (800 NF). — La bourse est attribuée à M. **Jean-François Raoult**, assistant à la Faculté des sciences de Paris, pour lui permettre d'effectuer des travaux géologiques sur le terrain. *Rapporteur :* M. P. Pruvost.

BOTANIQUE.

Commissaires : MM. G. Bertrand, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, H. Humbert, Ph. Guinier, L. Plantefol, R. Gautheret.

PRIX DE COINCY (2.050 NF). — Le prix est décerné à M. **Gabriel Garnier**, conservateur de la bibliothèque de la Faculté des sciences d'Orsay, Mme **André Bézanger** née **Lucienne Beauquesne**, professeur à la Faculté de médecine et pharmacie de Lille, Mlle **Germaine Debraux**, professeur à la Faculté des sciences de Nantes, pour leur ouvrage de phanérogamie intitulé : *Ressources médicinales de la flore française*. *Rapporteur :* M. R. Souèges.

PRIX FOULON (2.500 NF). — Le prix est décerné à M. **Henri Camefort**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux de cytologie et de morphologie végétales. *Rapporteur :* M. L. Plantefol.

ZOOLOGIE.

Commissaires : MM. É. Roubaud, P. Wintrebert, L. Fage, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, Ch. Champy, Cl. Bressou, Em. Fauré-Fremiet.

PRIX FOULON (2.500 NF). — Le prix est décerné à M. **Jean Prévost**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, biologiste des expéditions polaires françaises, pour son ouvrage intitulé : *Écologie du Manchot empereur*. *Rapporteur :* M. L. Binet.

ÉCONOMIE RURALE.

Commissaires : MM. R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, M. Lemoigne, Ph. Guinier, R. Dujarric de La Rivière, R. Fabre, Cl. Bressou, M. Fontaine, R. Gautheret.

PRIX PAUL MARGUERITE DE LA CHARLONIE (4.800 NF). — Le prix est décerné à M. **Gustave Drouineau**, directeur de la Station agronomique d'Antibes, pour ses travaux sur l'étude des sols et la physiologie végétale. *Rapporteur :* M. M. Lemoigne.

PRIX FOULON (2.500 NF). — Le prix est décerné à M. **Charles Thibault**, directeur de la Station de physiologie animale du Centre national de recherches zootechniques de Jouy-en-Josas, pour l'ensemble de ses recherches sur la physiologie de la reproduction. *Rapporteur :* M. M. Lemoigne.

PRIX DE Mme ALBERT DEMOLON (1.000 NF). — Le prix est décerné à M. **Jean Chaussidon**, chargé de recherches à la Station centrale de l'Institut national de la recherche agronomique de Versailles, pour ses travaux sur la physicochimie du sol et en particulier des argiles. *Rapporteur :* M. M. Lemoigne.

MÉDECINE ET CHIRURGIE.

Commissaires : MM. Ed. Sergent, L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, J. Tréfouël, A. Lacassagne, F. de Gaudart d'Allaines, R. Debré, R. Turpin, H. Bénard, N..., N...

PRIX MONTYON (5.000 NF). — Le prix est décerné à M. **Jean Sénèque**, professeur à la Faculté de médecine de Paris, pour ses travaux en chirurgie. *Rapporteur :* M. F. de Gaudart d'Allaines.

PRIX BRÉANT (3.600 NF). — Un prix est décerné à M. **Stéphane Thieffry**, professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, pour l'ensemble de ses travaux relatifs à la poliomyélite antérieure aiguë. *Rapporteur :* M. R. Turpin.

PRIX LANNELONGUE (1.600 NF). — Le prix est décerné à Mlle **Michèle Leblanc**, assistante à la Faculté de médecine de Paris, fille d'**Albert Leblanc**, médecin des hôpitaux, auteur de travaux sur l'azotémie, et qui a donné, elle-même, une thèse sur l'intoxication par l'amanite phalloïde. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX JEAN DAGNAN-BOUVERET (3.700 NF). — Le prix est décerné à MM. **Raymond Michel**, professeur à l'École de médecine et de pharmacie de Dijon, et **Jacques Cruveiller**, médecin assistant des hôpitaux de Paris, pour leurs travaux sur la physiopathologie thyroïdienne. *Rapporteur :* M. R. Turpin.

PRIX ROCHAT-JULIARD (1.300 NF). — Le prix est décerné à M. **Pierre Cartier**, maître de conférences agrégé à la Faculté de médecine de Paris, auteur d'études sur le système osseux et sur les tissus calcifiés en général. *Rapporteur :* M. L. Binet.

FONDATION DU DOCTEUR ET DE MADAME PEYRÉ (1.900 NF). — Un prix est décerné à M. **Robert Worms**, médecin des hôpitaux de Paris, pour l'ensemble de ses travaux cliniques et de laboratoire sur l'infection staphylococcique. *Rapporteur :* M. R. Dujarric de La Rivière.

CANCER ET TUBERCULOSE.

Commissaires : MM. L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, A. Lacassagne, F. Perrin, F. de Gaudart d'Allaines, R. Debré, N...

FONDATION ROY-VAUCOULOUX (2.900 NF). — Un prix est décerné à M. **Georges Mathé**, directeur du Centre de recherches cancérologiques et radiopathologiques de l'Association Claude-Bernard, pour ses travaux d'hématologie, notamment sur la leucémie et l'action des radiations sur le sang. *Rapporteur :* M. A. Lacassagne.

PRIX MARIE LÉON-HOURY (800 NF). — Le prix est décerné à M. **Daniel Douady**, directeur général de la Fondation « Santé des étudiants de France », pour sa lutte contre la tuberculose scolaire et universitaire. *Rapporteur :* M. R. Turpin.

PHYSIOLOGIE.

Commissaires : MM. L. Binet, G. Ramon, R. Courrier, P.-P. Grassé, A. Lacassagne, R. Fabre, M. Fontaine, R. Gautheret.

PRIX MONTYON (2.800 NF). — Le prix est décerné à M. **Joseph Chatonnet**, professeur à la Faculté de médecine de Lyon, pour ses travaux de physiologie expérimentale. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX POURAT (1.300 NF). — Le prix est décerné à Mme **Marcel Drilhon**, née **Andrée Courtois**, chef de travaux à l'École des hautes études, pour ses recherches de physiologie comparée sur les protéines sériques des Poissons. *Rapporteur :* M. R. Fabre.

APPLICATIONS DE LA SCIENCE A L'INDUSTRIE.

Commissaires : MM. L. de Broglie, É.-G. Barrillon, R. Courrier, G. Darrieus, G. Poivilliers, G. Ribaud, H. Parodi, R. Perrin, A. Léauté, L. Velluz, N...

PRIX HENRY LE CHATELIER (2.800 NF). — Le prix est décerné à M. **Jacques Sejournet**, directeur général de la Compagnie du filage des métaux et des joints Curty, inventeur du procédé de filage des aciers et autres métaux. *Rapporteur :* M. R. Perrin.

STATISTIQUE.

Commissaires : MM. Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, P. Montel, É.-G. Barrillon, A. Denjoy, R. Courrier, M. Fréchet, R. Brard.

PRIX MONTYON (2.800 NF). — Le prix est décerné à M. **André Vessereau**, directeur du Centre de formation des ingénieurs et cadres aux applications industrielles de la statistique, pour ses travaux dans ce domaine. *Rapporteur* : M. H. Villat.

OUVRAGES DE SCIENCES.

Commissaires : MM. A. Denjoy, R. Heim, L. de Broglie, R. Courrier, G. Ribaud, L. Fage, J. Duclaux.

PRIX HENRI DE PARVILLE (1.850 NF). — Le prix est décerné à M. **Robert Guillien**, directeur de l'École nationale supérieure d'électricité et de mécanique de Nancy, pour son traité d'*Électronique*. *Rapporteur :* M. G. Ribaud.

PRIX GÉNÉRAUX.

PRIX FONDÉ PAR L'ÉTAT : GRAND PRIX DES SCIENCES MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUES (20.000 NF). — Commissaires : MM. L. de Broglie; J. Hadamard, G. Julia, P. Montel, A. Denjoy, R. Garnier, M. Fréchet; H. Villat, A. Caquot, H. Beghin, M. Roy, J. Leray, N... ; Ch. Maurain, G. Fayet, A. Danjon, A. Couder, J. Coulomb, A. Lallemand; É.-G. Barrillon, G. Poivilliers, P. Tardi, R. Brard, J. Bourcart, A. Gougenheim ; G. Ribaud, L. Leprince-Ringuet, F. Perrin, J.-J. Trillat, J. Lecomte, J. Laval ; A. de Gramont, Ch. Camichel, C. Gutton, J. Duclaux, G. Darrieus, H. Parodi, G. Dupouy, P. Dassault, L. Néel, L. Escande, R. de Mallemann, A. Léauté, H. Milloux.

Le prix est décerné à M. **Jacques Dixmier**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux sur l'espace de Hilbert, sur les algèbres d'opérateurs dans cet espace, sur les algèbres et les groupes de Lie. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX BORDIN (2.650 NF). — Commissaires : MM. M. Delépine, G. Roubaud, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, Ch. Dufraisse, N....

Le prix est décerné à M. **Jean-Marie Pérès**, professeur à la Faculté des sciences de Marseille, pour l'ensemble de ses travaux d'océanographie biologique. *Rapporteur :* M. L. Fage.

PRIX PETIT D'ORMOY (7.300 NF). — Commissaires : MM. M. Delépine, Ém. Roubaud, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier, R. Fabre, N..., N....

Le prix est décerné à M. **Marcel Prenant**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de son œuvre histochimique. *Rapporteur :* M. Em. Fauré-Fremiet.

PRIX SAINTOUR (1.850 NF). — Commissaires : MM. M. Delépine, Ém. Roubaud, G. Ramon, R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, Ch. Dufraisse, N....

Le prix est décerné à M. **Eugène Seguy**, professeur honoraire au Muséum national d'histoire naturelle, pour l'ensemble de ses travaux sur les Diptères. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX JULES MAHYER (850 NF). — Commissaires : MM. Ch. Maurain, H. Villat, L. de Broglie, G. Julia, P. Montel, É.-G. Barrillon, G. Ribaud, R. Garnier.

Le prix est décerné à M. **Anton Grzywienski**, professeur à l'Université technique de Vienne, Autriche, pour ses travaux d'hydraulique. *Rapporteur :* M. L. Escande.

PRIX HENRY WILDE (3.300 NF). — Commissaires : MM. G. Bertrand, M. Delépine, A. de Gramont, L. de Broglie, G. Fayet, É.-G. Barrillon, R. Courrier, G. Ribaud, N....

Le prix est décerné à M. **Stanislas Goldsztaub**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux de cristallographie et d'optique électronique. *Rapporteur :* M. J. Wyart.

PRIX HENRI BECQUEREL (2.350 NF). — Commissaires : MM. A. Denjoy, R. Heim, L. de Broglie, R. Courrier, A. Caquot, N....

Le prix est décerné à M. **Marcel Abribat**, pour ses travaux d'optique et de photographie ainsi que pour ses recherches sur les phénomènes de tension superficielle et la radioactivité de l'atmosphère. *Rapporteur :* M. J.-J. Trillat.

PRIX GUSTAVE ROUX (1.700 NF). — Mêmes Commissaires que ci-dessus.

Le prix est décerné à M. **Pierre Samuel**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour ses travaux d'algèbre commutative et de géométrie algébrique abstraite . *Rapporteur :* M.R. Garnier.

PRIX CHARLES-LOUIS DE SAULSES DE FREYCINET (6.700 NF). — Mêmes Commissaires que ci-dessus.

Le prix est décerné à M. **Marc Jouguet**, professeur à l'École nationale des ponts et chaussées et à l'École nationale supérieure des Télécommunications, pour ses travaux d'électrotechnique et de magnéto-hydrodynamique. *Rapporteur :* M. A. Léauté.

PRIX MILLET-RONSSIN (1.600 NF.) — Commissaires : MM. R. Courrier; Ch. Jacob, G. Delépine; R. Souèges, R. Heim; Ém. Roubaud, L. Fage.

Le prix est décerné à M. **Louis Faurel**, assistant à la Faculté des sciences d'Alger, pour ses travaux sur la flore et la végétation de l'Afrique du nord. *Rapporteur :* M. R. Heim.

PRIX DU GÉNÉRAL MUTEAU (1.200 NF). — Commissaires : MM. L. de Broglie, G. Julia, A. Caquot, P. Montel, É.-G. Barrillon, G. Darrieus, P. Dassault, P. Tardi.

Le prix est décerné à feu **René Bastien**, ancien professeur de mathématiques spéciales au lycée Saint-Louis, pour l'ensemble de ses travaux et les services qu'il a rendus dans la préparation aux grandes écoles. *Rapporteur :* M. G. Julia.

PRIX LAURA MOUNIER DE SARIDAKIS (1.000 NF). — Commissaires : MM. A. Denjoy; L. de Broglie, R. Courrier; A. de Gramont, G. Ribaud; L. Hackspill, N... ; L. Binet, F. de Gaudart d'Allaines.

Le prix est décerné à M. **Raymond Cahen**, pharmacologue, pour ses travaux relatifs à l'accoutumance de la morphine. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX LAMB (15.200 NF). — Commissaires : MM. L. de Broglie, A. Caquot, P. Montel, É.-G. Barrillon, R. Courrier, M. Roy, P. Dassault, F. Perrin, R. Brard.

Le prix est décerné à M. **Georges Barbe**, ingénieur général de l'artillerie navale, pour les études et la réalisation du mortier anti-sous-marins de 305 mm. *Rapporteur :* M. R. Brard.

PRIX DU DOCTEUR ET DE MADAME HENRI LABBÉ. — Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Binet, R. Courrier, J. Tréfouël, P.-P. Grassé, M. Lemoigne, R. Fabre, N....

Deux prix de diététique de 1.000 NF sont décernés :

au Médecin Lieutenant-Colonel **Gabriel Duchesne**, du laboratoire de recherches au Val-de-Grâce, pour ses travaux sur les problèmes nutritionnels dans la réanimation chirurgicale et médicale. *Rapporteur :* M. L. Binet;

à M. **Paul Jaulmes**, professeur à la Faculté de pharmacie de Montpellier, pour ses études sur la qualité du vin et la mise en évidence des défauts qui nuisent à sa valeur diététique. *Rapporteur :* M. R. Fabre.

Deux prix d'enseignement ménager de 1.000 NF sont décernés :

à Mme **André Aubert**, née **Georgette Gabelle**, directrice de l'École d'enseignement ménager de Capou, à Montauban, pour ses travaux d'enseignement ménager agricole. *Rapporteur :* M. M. Lemoigne;

à M. **Pierre Brun**, chef de laboratoire à l'Institut d'hygiène alimentaire, pour ses travaux sur la composition des lipides et sa contribution à l'enseignement pratique pour la formation des diététiciennes. *Rapporteur :* M. R. Fabre.

Un prix de chimie biologique de 1.000 NF est décerné à M. **Meier Burstein**, chef de laboratoire au Centre de transfusion sanguine, pour ses travaux sur les lipoprotéines. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX JEAN-MARIE LE GOFF (1.200 NF). — Commissaires : MM. G. Bertrand, L. Binet, R. Souèges, R. Courrier, J. Tréfouël, P.-P. Grassé, R. Fabre, N....

Le prix est décerné à M. **Eugène Lebon**, professeur à la Faculté de médecine d'Alger, pour ses travaux sur le diabète. *Rapporteur :* M. L. Binet.

PRIX LOUIS BONNEAU (3.000 NF). — Commissaires : MM. A. Denjoy, R. Heim; L. de Broglie, R. Courrier; A. Caquot, N....

Le prix est décerné à MM. **Marc Grosjean** et **Maurice Legrand**, ingénieurs, pour leurs travaux sur la mesure du dichroïsme circulaire dans le visible et l'ultraviolet. *Rapporteur :* M. J. Lecomte.

PRIX ANDRÉ POLICARD-LACASSAGNE (1.450 NF). — Commissaires : MM. R. Courrier; G. Ribaud; R. Souèges; P.-P. Grassé; R. Fabre; L. Binet; J. Tréfouël; G. Dupouy; N....

Le prix est décerné à M. **Jean Tavlitzki**, chargé de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur le mode de contrôle par les déterminants héréditaires des caractères qu'ils régissent. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

FONDATION CHARLES-LÉOPOLD MAYER (65.000 NF). — Commissaires : MM. R. Courrier; M. Delépine, G. Champetier; R. Souèges, R. Heim; P.-P. Grassé, Em. Fauré-Fremiet; R. Fabre, M. Fontaine; L. Binet, F. de Gaudart d'Allaines; J. Duclaux, L. Hackspill.

Le prix est partagé entre M. **Jacques Monod**, chef du service de biochimie cellulaire à l'Institut Pasteur de Paris, pour ses travaux sur la biochimie des bactéries, et M. **François Jacob**, chef du service de génétique microbienne à ce même Institut, pour ses travaux sur la génétique des bactéries. *Rapporteur :* M. R. Courrier.

PRIX PAUL BERTRAND (1.000 NF). — Commissaires : MM. R. Souèges, R. Courrier, R. Heim, R. Combes, H. Humbert, J. Piveteau, L. Plantefol, R. Gautheret.

Le prix est décerné à M. **Louis Grambast**, maître de conférences à la Faculté des sciences de Montpellier, auteur de mémoires sur les Characées et sur les flores du Tertiaire parisien. *Rapporteur :* M. J. Piveteau.

PRIX COGNACQ-JAY (SAMARITAINE). — Commissaires : MM. L. de Broglie, R. Courrier; H. Villat, L. Leprince-Ringuet; P. Pascal, P.-P. Grassé.

Le prix est partagé de la manière suivante entre divers chercheurs, auteurs de travaux sur les Mésons lourds et les Hypérons :

Trois prix de 20.000 NF à MM. **Jean Crussard**, directeur scientifique du département Saturne au Commissariat à l'énergie atomique de Saclay, **Bernard Grégory**, professeur à l'École polytechnique, **Charles Peyrou**, directeur de division au Centre européen de recherches nucléaires (C. E. R. N.);

Quatre prix de 15.000 NF à MM. **Raphaël Armenteros**, à la division des Chambres à bulles au C. E. R. N., **André Astier**, sous-directeur du Laboratoire de physique nucléaire au Collège de France, **André Lagarrigue** et **Francis Muller**, maîtres de conférences à l'École polytechnique.

Rapporteur : M. L. Leprince-Ringuet.

PRIX DE L'INSTITUT DÉCERNÉS SUR LA PROPOSITION DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

Commissaires : MM. A. Denjoy, R. Heim; L. de Broglie, R. Courrier; A. Caquot, N....

PRIX D'AUMALE (1.000 NF). — Le prix est décerné à M. **Émile Paloque**, directeur honoraire de l'Observatoire de Toulouse, spécialiste de l'astronomie de position. *Rapporteur :* M. G. Fayet.

PRIX DE Mme CLAUDE BERTHAULT (2.000 NF). — Le prix est décerné à Mlle **Suzanne Bazin**, maître de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour ses travaux sur le collagène et les mucopolysaccharides. *Rapporteur :* M. M. Fontaine.

FONDATION JAFFÉ. — Commissaires : MM. A. Denjoy, R. Heim; L. de Broglie, R. Courrier.

Deux prix de 30.000 NF sont décernés :

à M. **Pierre Jacquinot**, directeur général du Centre national de la recherche scientifique, professeur à la Faculté des sciences de Paris, pour l'ensemble de ses travaux sur la spectroscopie et particulièrement la spectroscopie atomique. *Rapporteur :* M. G. Ribaud;

à M. **René Hazard**, membre de l'Académie de médecine, pour son œuvre originale de pharmacodynamie accomplie en étroite liaison avec la physiologie et la chimie. *Rapporteur :* M. R. Debré.

FONDS GÉNÉRAUX DE RECHERCHES SCIENTIFIQUES.

FONDATION LOUTREUIL. — Conseillers : MM. A. Denjoy; L. de Broglie, R. Courrier; P. Montel, G. Bertrand, J. Tréfouël.

Les subventions suivantes sont accordées :

— 5.000 NF à l'**Association française de séismologie**, pour la poursuite de ses expériences dans la zone d'Ivrea (Italie);

— 5.000 NF à M. **Marian Jutisz**, sous-directeur du laboratoire de morphologie expérimentale et endocrinologie du Collège de France, pour l'achat de matériel destiné à des recherches sur l'isolement et l'étude physicochimique des hormones hypophysaires et hypothalamiques;

— 10.000 NF à l'**Observatoire d'Abbadia**, pour réaliser le générateur à quartz destiné à compléter la lunette méridienne;

— 2.000 NF à l'**Observatoire de Montsouris**, pour l'amélioration de cet établissement;

— 3.000 NF à l'**École nationale vétérinaire d'Alfort**, pour l'achat d'un stéréomicroscope de Zeiss;

— 1.500 NF à l'**Institut national agronomique**, pour l'achat d'un appareil de photocopie destiné au laboratoire de zoologie;

— 2.500 NF à la **Société des Océanistes**, pour la publication d'un numéro du Journal consacré aux îles Wallis et Futuma;

— 5.000 NF au **Musée de l'Homme**, pour l'agrandissement de sa bibliothèque et l'enrichissement des collections de celle-ci;

— 1.500 NF à l'**École polytechnique**, pour l'achat d'ouvrages destinés à sa Bibliothèque;

— 400 NF à la **Société d'encouragement pour l'industrie nationale**, pour sa Bibliothèque.

Rapporteur : M. L. de Broglie.

FONDS DES LABORATOIRES. — Commissaires : MM. A. Denjoy, R. Heim; L. de Broglie, R. Courrier; A. Caquot, N....

Quatre prix de 2.000 NF sont décernés à :

M. **Raymond Castaing**, professeur à la Faculté des sciences de Paris, auteur du microanalyseur à sonde électronique. *Rapporteur :* M. J.-J. Trillat.

M. **Joseph Fayet**, inspecteur d'Académie, pour l'encourager à poursuivre ses études d'histoire des sciences. *Rapporteur :* M. L. DE BROGLIE.

M. **Albert Hérold**, professeur à la Faculté des sciences de Nancy, pour ses études sur les hydrures alcalins et les composés d'insertion du graphite. *Rapporteur :* M. L. HACKSPILL.

M. **René Thom**, professeur à la Faculté des sciences de Strasbourg, pour ses travaux sur les variétés différentiables. *Rapporteur :* M. R. GARNIER.

Un prix de 1.500 NF est décerné à M. **Jean Nougaro**, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse, pour son étude sur les dispositifs de mesures de niveau rapidement variables. *Rapporteur :* M. L. ESCANDE.

Cinq prix de 1.000 NF sont décernés à :

M. **Jean André**, assistant à la Faculté des sciences de Clermont-Ferrand, pour sa thèse intitulée : *Contribution à l'étude du chondriome; étude de ses modifications ultra-structurales pendant la spermatogenèse. Rapporteur :* M. EM. FAURÉ-FREMIET.

M. **Marcel Chaigneau**, membre de l'Académie de pharmacie, pour ses travaux de chimie minérale et d'analyse des gaz. *Rapporteur :* M. R. FABRE.

M. **Pierre Favard**, chef de travaux à la Faculté des sciences de Paris, pour sa thèse intitulée : *Évolution des ultrastructures cellulaires au cours de la spermatogenèse de l'Ascaris* (Parascaris equorum). *Rapporteur :* M. EM. FAURÉ-FREMIET.

M. **Jean Givaudon**, ingénieur-conseil à l'Union des industries chimiques, pour son ouvrage intitulé : *Précis de génie chimique. Rapporteur :* M. R. PERRIN.

M. **Antoine Peyre**, docteur ès sciences naturelles, pour sa thèse intitulée : *Recherches sur l'intersexualité spécifique chez* Galemys pyrenaicus *G* (Mammifère insectivore). *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

FONDS PAUL DOISTAU-ÉMILE BLUTET. — Commissaires : MM. A. Denjoy, R. Heim; L. de Broglie, R. Courrier; A. Caquot, N....

Un prix de 5.000 NF est décerné à M. **Charles Sérié**, directeur de l'Institut Pasteur d'Addis-Abéba, pour ses travaux sur la fièvre jaune en Éthiopie. *Rapporteur :* M. R. COURRIER.

PRIX DES GRANDES ÉCOLES ET UNIVERSITÉS. BOURSES D'ÉTUDES ET DE VOYAGES.

PRIX LAPLACE. — La médaille est décernée à M. **Pierre Faurre**, né à Paris (XVI[e] arrondissement), le 15 janvier 1942, sorti premier de l'École polytechnique.

FONDATION L.-E. RIVOT. — Les quatre élèves dont les noms suivent, sortis en 1962, avec le n° 1 ou 2 de l'École polytechnique, et entrés dans les Corps des mines et des ponts et chaussées, reçoivent :

— M. **Pierre Faurre**, entré premier à l'École nationale supérieure des mines, 800 NF;

— M. **Bertrand Collomb**, entré second à l'École nationale supérieure des mines, 400 NF;

— M. **Jean Grandmont**, entré premier à l'École nationale des ponts et chaussées, 800 NF;

— M. **Philippe Roumeguere**, entré second à l'École nationale des ponts et chaussées, 400 NF.

FONDATION GIRBAL-BARAL (1.200 NF). — L'allocation est accordée à M. **Gilbert Tilloca**, licencié ès sciences (chimie), étudiant de troisième cycle à la Faculté des sciences de Paris, pour l'aider à terminer ses études de doctorat.

FONDATION RICHARD (800 NF). — Commissaires : MM. A. Denjoy, R. Heim; L. de Broglie, R. Courrier; A. Caquot, N....

La bourse est accordée à Mlle **Yseult Le Danois**, chargée de recherches au Centre national de la recherche scientifique, pour procéder au Musée océanographique de Monaco, à l'étude ostéomyologique de la Baudroie et rechercher les relations entre les formes et la biologie de certains types de Poissons. *Rapporteur :* M. M. Fontaine.

FONDS DES BOURSES. — Sur ce fonds, constitué par la réunion des ressources destinées à distribuer des bourses, il a été attribué, en 1962, une somme de 4.500 NF.

FONDS D'ASSISTANCE. — Sur ce fonds, constitué par la réunion des ressources destinées à aider les savants ou leurs familles, il a été distribué, en 1962, une somme de 39.600 NF.

LECTURE.

M. Robert Courrier, Secrétaire perpétuel, lit une *Notice sur la vie et les travaux de Pol Bouin, membre non résidant*. Cette notice sera imprimée dans le recueil des *Notices et Discours*, t. IV.

L. B. R. C.



ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 17 DÉCEMBRE 1962.

PRÉSIDENCE DE M. ARNAUD DENJOY.

M. le **PRÉSIDENT** signale :

— qu'une délégation de l'Académie se rendra, le vendredi 21 décembre, à 15 h 30 m, au domicile de M. **JACQUES HADAMARD**, pour lui remettre une médaille-souvenir à l'occasion du 50e anniversaire de son élection à l'Académie :

— que la séance qui devrait être tenue le lundi 24 décembre et qui, de ce fait, serait renvoyée au mercredi 26, n'aura pas lieu, conformément à la décision de l'Académie de ne plus se réunir entre la fête de Noël et le premier jour de l'an.

La séance de la semaine suivante aura lieu le mercredi 2 janvier au lieu du lundi 31 décembre.

Il en résulte que la séance du 17 décembre est la dernière de l'année 1962.

CORRESPONDANCE.

L'Académie reçoit les lettres de candidature

— de M. **HENRI JACOTOT**, à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *Philibert Guinier*;

— de M. **JEAN ROCHE**, à la place vacante, dans la Section de Chimie, par la mort de M. *Gabriel Bertrand*.

A la demande des héritiers de l'auteur, les plis cachetés acceptés en les séances des 22 janvier 1923 et 27 octobre 1924 et enregistrés sous les nos 9.097 et 9.424 sont ouverts par M. le Président. Les documents qui en sont retirés seront soumis à l'examen de la Section de Physique.

L'Académie est informée

— de la Cérémonie qui aura lieu le 27 janvier 1963 à Helsinki à l'occasion du 75e anniversaire de la fondation de la **GEOGRAPHICAL SOCIETY OF FINLAND**;

— de la 34e session de l'**INSTITUT INTERNATIONAL DE STATISTIQUE** qui se tiendra à Ottawa, Canada, du 21 au 29 août 1963.

Mme André Aubert, Mlle Suzanne Bazin, Mme Lucienne Bézanger-Beauquesne, Mlle Germaine Debraux, Mme André Drilhon; MM. Georges Barbe, Georges Bourion, Georges Brillouët, Raymond Cahen, Henri Camefort, Raymond Castaing, Marcel Chaigneau, Jean Chaussidon, Jean Crussard, Omourtague Dimitrov, Jacques Dixmier, Daniel Douady, Gustave Drouineau, Jean Dufay, Jean Fabre, Pierre Faugeras, Louis Faurel, Pierre Favard, Joseph Fayet, Charles Fehrenbach, Robert Feys, Paul Fleury, Gabriel Garnier, Jean Givaudon, Stanislas Goldsztaub, Louis Grambast, Charles Greber, Marc Grosjean, Anton Grzywienski, André Guilcher, Robert Guillien, René Hazard, Albert Hérold, Louis Hurault, François Jacob, Pierre Jacquinot, Paul Jaulmes, Marc Jouguet, Jean-Louis Koszul, Jean Kovalevsky, Maurice Legrand, Marcel Marcheix, Armand Marie de Ficquelmont, Jacques Monod, Francis Muller, Jean Nougaro, Émile Paloque, Jean-Marie Pérès, Antoine Peyre, Marcel Prenant, Robert-Olivier Prudhomme, Pierre Samuel, Henri Saucier, Eugène Séguy, Jacques Sejournet, Pierre Selme, Jean Sénèque, Charles Sérié, Pierre Souchay, Jean Tavlitzki, Charles Thibault, René Thom, André Vessereau, Boris Vodar, Robert Worms adressent des remerciements pour les distinctions accordées à leurs travaux.

MM. Bertrand Collomb, le Directeur de l'École nationale vétérinaire d'Alfort, le Général Commandant l'École Polytechnique, le Directeur de l'Institut national agronomique, Marian Jutisz, Jean-François Raoult, le Président de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale adressent des remerciements pour les subventions ou bourses qui leur ont été accordées pour leurs recherches, leurs bibliothèques ou leurs publications.

OUVRAGES PRÉSENTÉS OU REÇUS.

M. le Secrétaire perpétuel signale à l'Académie que le tome 253 (juillet-décembre 1961) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

Les Ouvrages suivants sont offerts ou adressés en hommage à l'Académie :

— par M. Louis de Broglie : *La Galissonière et le Canada*, par Roland Lamontagne, dont il a écrit la *Préface*;

— par M. Jean-Jacques Trillat, le tome 113 des *Colloques internationaux du Centre national de la recherche scientifique* consacré au Colloque qu'il présidait sur *Le Bombardement ionique. Théories et applications*, pour lequel il a écrit une introduction sous le titre : *Le Bombardement ionique. Nouvelle méthode d'étude des surfaces*;

— par M. Paul Pascal, deux Ouvrages didactiques qu'il a préfacés. L'un dû au Professeur Gallais, de Toulouse, est le premier tome d'un *Traité de Chimie minérale* destiné aux élèves de l'Enseignement supérieur et dont la seconde édition est notablement amplifiée et améliorée.

L'autre est d'un niveau plus élevé et s'adresse aux chercheurs et aux ingénieurs; il est dû au Professeur A. PACAULT, de Bordeaux. C'est le premier volume d'une collection de Chimie physique dirigée par ce dernier; il constitue un exposé très clair et très complet de *thermodynamique statistique*, caractérisé par une nette orientation vers les applications pratiques.

— par M. **LÉON VELLUZ**, 1° un *Bref aperçu de l'ensemble de* ses *titres et travaux scientifiques;* 2° un recueil de tirages à part de travaux faits en collaboration avec MM. MAURICE LEGRAND et MARC GROSJEAN sur *La mesure et l'étude du dichroïsme circulaire optique;*

— par M. **PAUL FOURMARIER**, une série de tirés à part de ses derniers travaux.

M. le **SECRÉTAIRE PERPÉTUEL** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° ROBERT WORMS. *Georges Guillain* (1876-1961).

2° M. J. WELLS. *Brain and behaviour in cephalopods.*

3° CEMAL ÜNER. *Fransiz ilimler Akademisini Ziyaret* (*Visite à l'Académie des sciences de France*).

4° Météorologie Nationale. *Emplacement des stations et des postes du réseau climatologique national* (Carte).

5° GUSTAVE DEPARIS. *Corollaire des théorèmes de Marbec relatifs à la charge du métal des tuyaux de forme plane soumis à une variation de température. Valeur du coefficient* M *pour diverses formes de tuyaux* (*Étude donnant les coefficients numériques facilitant l'établissement des canalisations sous pression, à température variable*).

DÉLÉGATIONS.

M. **CLÉMENT BRESSOU** est désigné pour représenter l'Académie aux 3mes **JOURNÉES MÉDICALES DE DAKAR**, qui auront lieu du 4 au 12 janvier 1963.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

HYDRAULIQUE. — *Sur les tourbillons. Les variations de l'écoulement enregistrées par le tourbillon produit par celui-ci.* Note de M. Charles Camichel.

L'auteur étudie d'abord les variations de l'écoulement dans le petit bassin (*fig.* 2), muni d'un simple orifice placé dans le robinet aval R et possédant un plan de symétrie vertical P parallèle aux parois latérales de ce petit bassin et passant par le centre de cet orifice, l'orifice du tourbillon étant fermé. Dans la suite, le robinet R est fermé et le même écoulement utilise le tourbillon O qui enregistre ainsi, comme nous le verrons plus loin, ces variations en redonnant les indéterminations spontanées d'un tourbillon de 1956 [(1), (2)], qui sont ainsi rattachées à nos recherches actuelles.

Pour éviter des confusions, après avoir décrit les variations spécifiques d'un tourbillon de colorant et les variations spécifiques d'un filet de colorant dans un tourbillon en eau pure (au début) [(5), (6), (7), (8)], il nous faut rappeler et confirmer les indéterminations spontanées (du sens de rotation) d'un tourbillon de 1956 [(1), (2)] qui sont en réalité les variations spécifiques d'une veine enregistrées par ce tourbillon et pour cela, le meilleur moyen est de reproduire les expériences de 1956 (1), en les perfectionnant toutefois.

En 1956, nous avons utilisé les variations de l'écoulement, c'est-à-dire les changements d'orientation de la veine entrant dans le petit bassin [*fig.* 1 de la Note (1) et *fig.* 1 également de la présente Note], muni à son

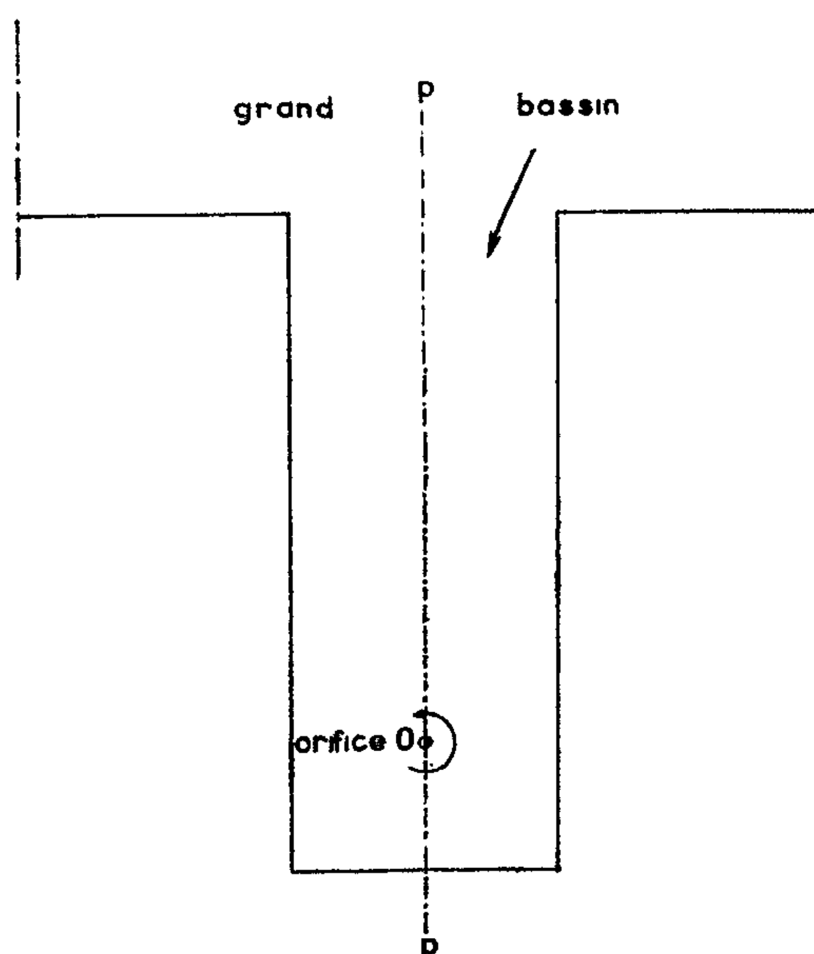


Fig. 1.

extrémité aval de l'orifice O par lequel se fait l'écoulement du tourbillon et possédant un plan de symétrie vertical P parallèle aux parois latérales de ce petit bassin et passant par le centre de cet orifice.

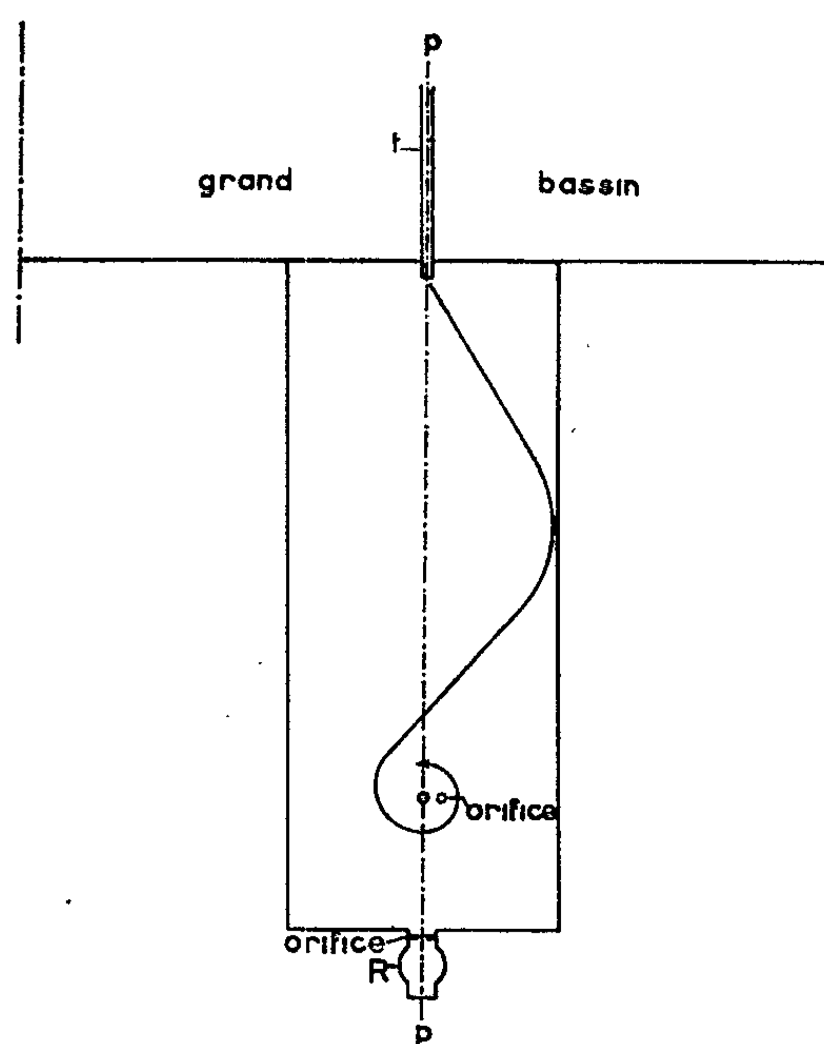


Fig. 2.

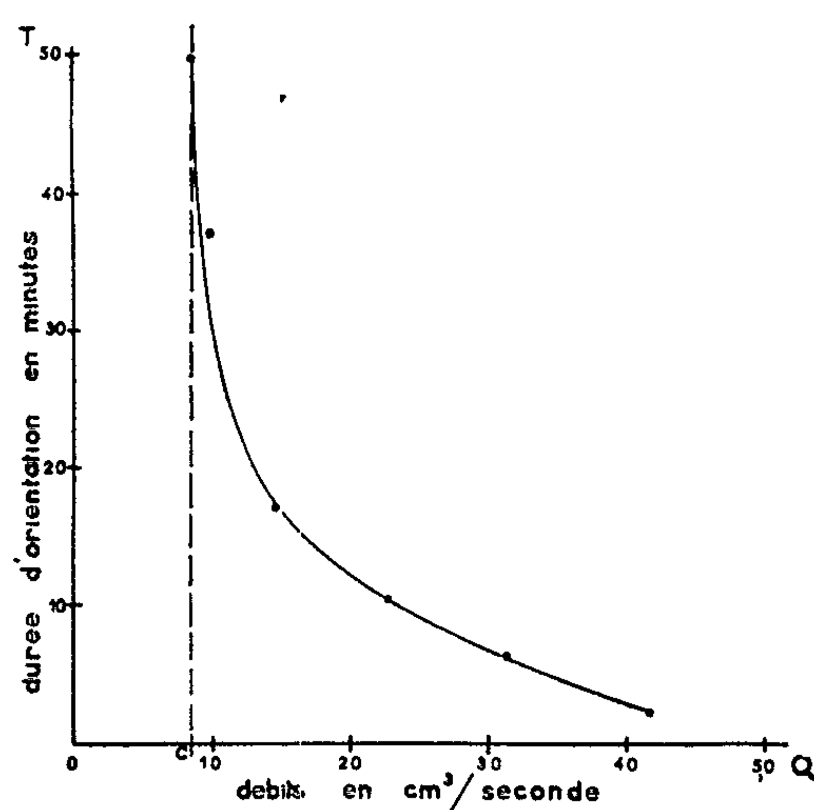


Fig. 4.

Pour accuser davantage la veine à son entrée dans le petit bassin et pour augmenter la fréquence de ses variations, ce qui facilite les expériences [10] nous disposons aujourd'hui, à l'amont de ce bassin, un petit tube horizontal t de 1 m de longueur et 1,5 cm de diamètre (*fig.* 2), sans

détruire la symétrie du système. Dans ces conditions, en fermant l'orifice O du tourbillon et ouvrant le robinet R de l'orifice aval, la veine sortant du tube t (*fig.* 2) présente des variations naturelles que nous appelons variations de l'écoulement et dont on règle la fréquence au moyen du robinet R, qui commande le débit. La figure 3 représente deux périodes consécutives des variations de l'écoulement. On a marqué en regard les formes correspondantes dans les deux périodes. A la fin de la première, la veine n'avait pas encore atteint, à son retour, la paroi de droite; c'est pour cela que la première période 4 mn est plus faible que la seconde : 4 mn 24 s pour laquelle la veine a atteint plus exactement, à son retour, la paroi de droite : M. Monferran prend les photographies en regardant en même temps les variations de l'écoulement.

On a construit la courbe des périodes moyennes T en fonction des débits moyens Q (*fig.* 4). On voit que la fréquence des variations augmente avec le débit, comme toujours, en pareil cas. Le critérium des variations est déterminé par l'abscisse de l'asymptote parallèle à l'axe des T. Ce que nous avons dit concernant les variations de l'écoulement suffit pour le moment : nous continuerons cette étude dans la prochaine Note.

Expliquons maintenant comment le tourbillon produit par l'écoulement enregistre les variations de cet écoulement en redonnant les indéterminations spontanées de 1956 [(1), (2)] : On ferme le robinet R (*fig.* 2) et l'on ouvre le robinet O, le tourbillon se produit. La figure 5 représente le phénomène photographié dans un plan horizontal à 5 mm de la surface libre. En *a*, le tourbillon produit par l'écoulement et rendu visible par l'aluminium, avec le disque denté, a le sens des aiguilles d'une montre, il croît. En *b*, il a atteint son maximum, la cavitation se reconnaît à l'ombre portée; le tourbillon décroît ensuite. En *c*, la destruction du tourbillon commence et se poursuit. En *d* zéro, le tourbillon s'annule : on peut tracer sur la photographie des contours fermés le long desquels on mesure la circulation, comme nous l'avons fait bien souvent pour mesurer un tourbillon, par exemple (2), p. 874; (3), p. 332, etc. et vérifier que la circulation est nulle dans ce cas et contrôler ainsi l'observation directe qui a été faite. Le tourbillon se reforme ensuite avec le même sens de rotation qu'il avait avant le zéro *d*, le sens des aiguilles d'une montre. Le zéro *d* est donc sans changement de sens de rotation, comme le zéro [*fig.* 2 de la Note (1)] des indéterminations spontanées de 1956. En *e* le tourbillon croît avec le sens des aiguilles d'une montre; en *f*, il a atteint son maximum. Il décroît ensuite; en *g*, sa destruction commence et se poursuit ensuite; en *h* zéro le tourbillon s'annule. C'est un zéro avec changement de sens de rotation du tourbillon, comme le zéro [*fig.* 3 de la Note (1)] des indéterminations spontanées de 1956. En *i*, le tourbillon croît avec le sens de rotation inverse des aiguilles d'une montre; en *j*, il atteint son maximum avec cavitation, il décroît ensuite; en *k*, sa destruction commence et se poursuit jusqu'au zéro *l*. L'expérience a été arrêtée.

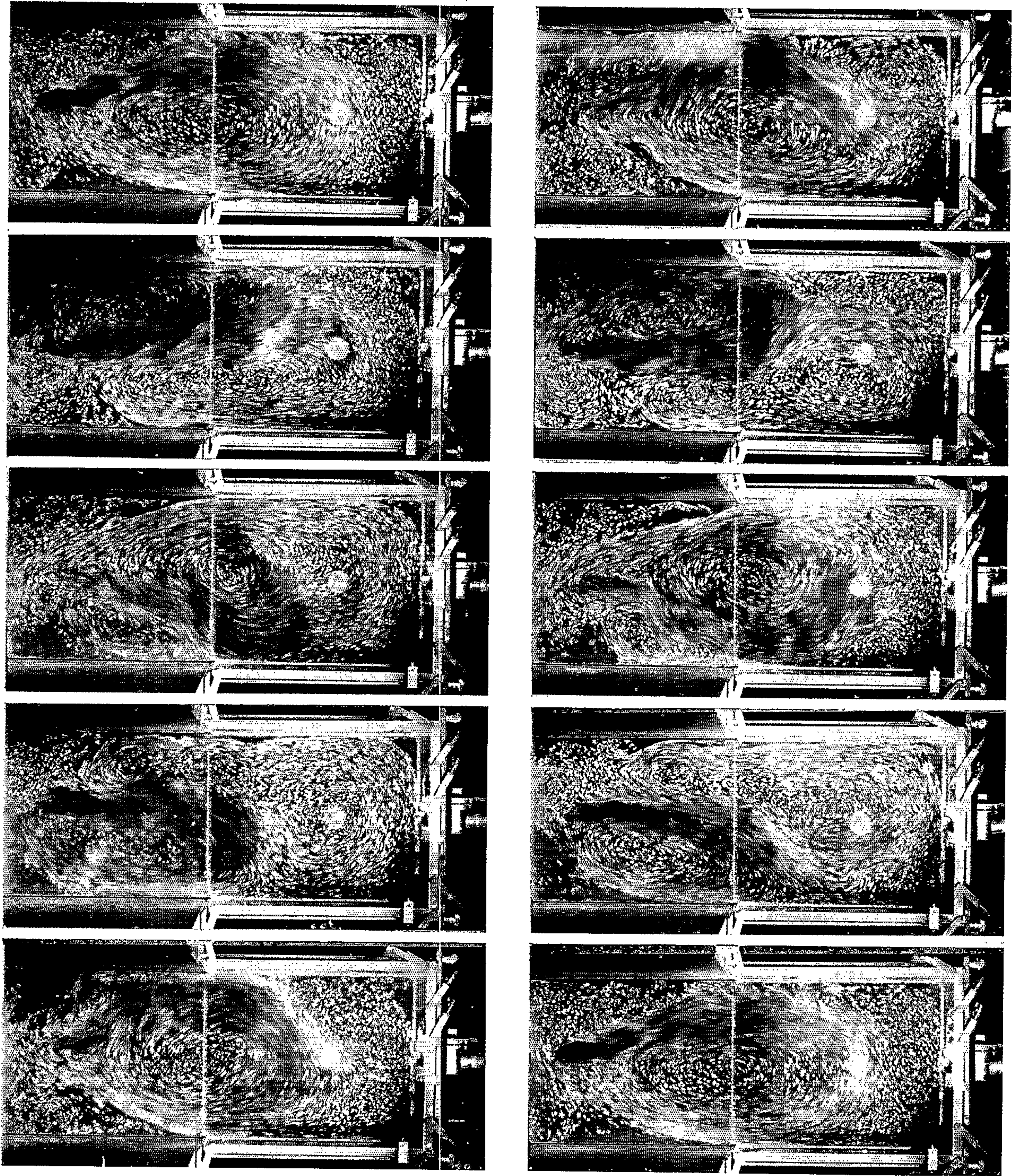


Fig. 3. — Variations de l'écoulement. 2 périodes consécutives. (Film du 31 juillet 1963. H = 3 cm; Q = 35,7 cm³/s; T = 21°,6).

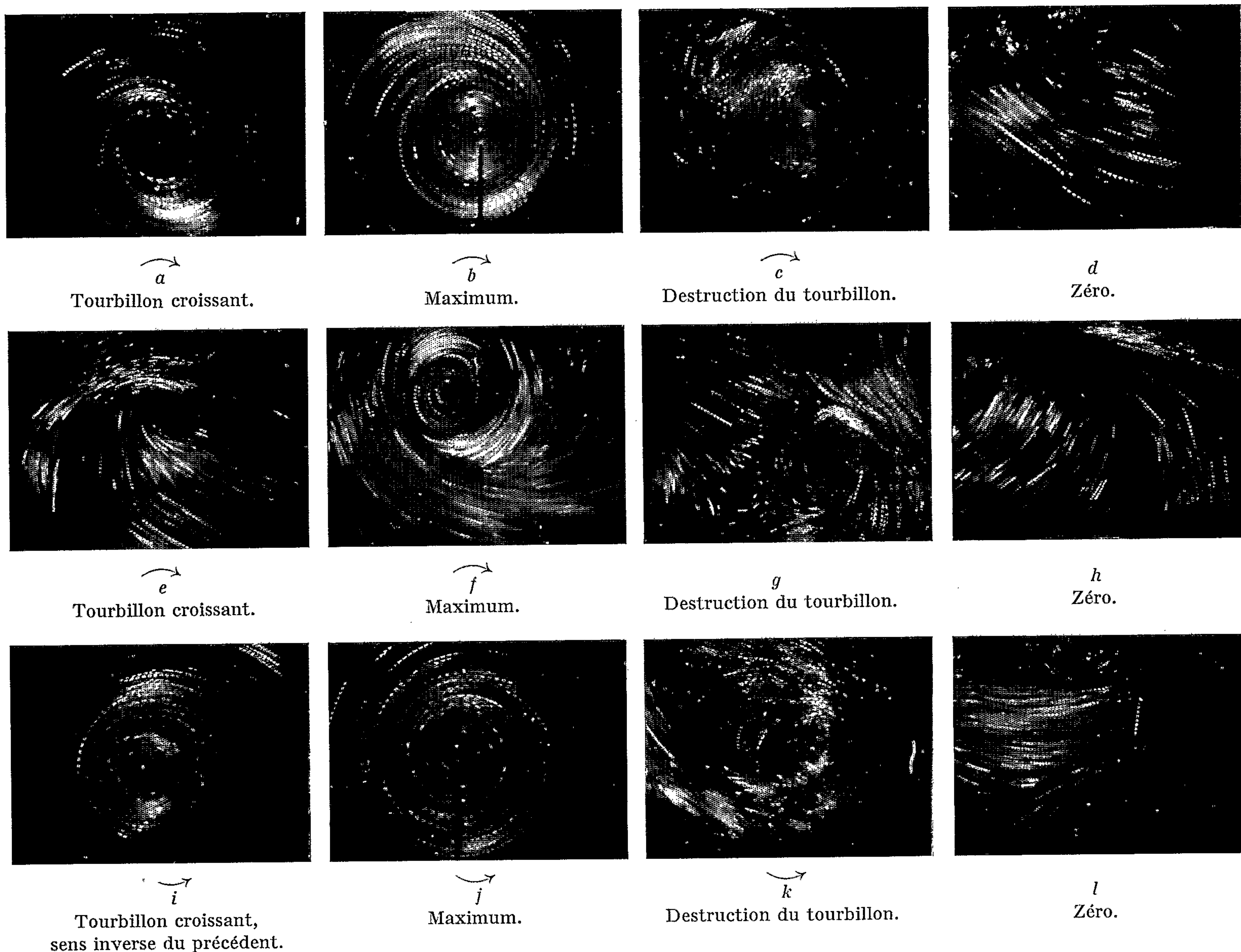


Fig. 5. — Enregistrement par le tourbillon des variations de l'écoulement.
d. Zéro sans changement de sens de rotation du tourbillon, comme en 1956. *h.* Zéro avec changement de sens de rotation du tourbillon.

Nous avons seulement décrit les variations du tourbillon enregistrant l'écoulement, et montré qu'elles étaient les mêmes que les indéterminations spontanées de 1956.

Pour expliquer complètement ces variations, et montrer au moment d'un zéro, comment le tourbillon conserve ou non son sens de rotation, il faudrait employer dans les deux cas, un grand nombre de photographies

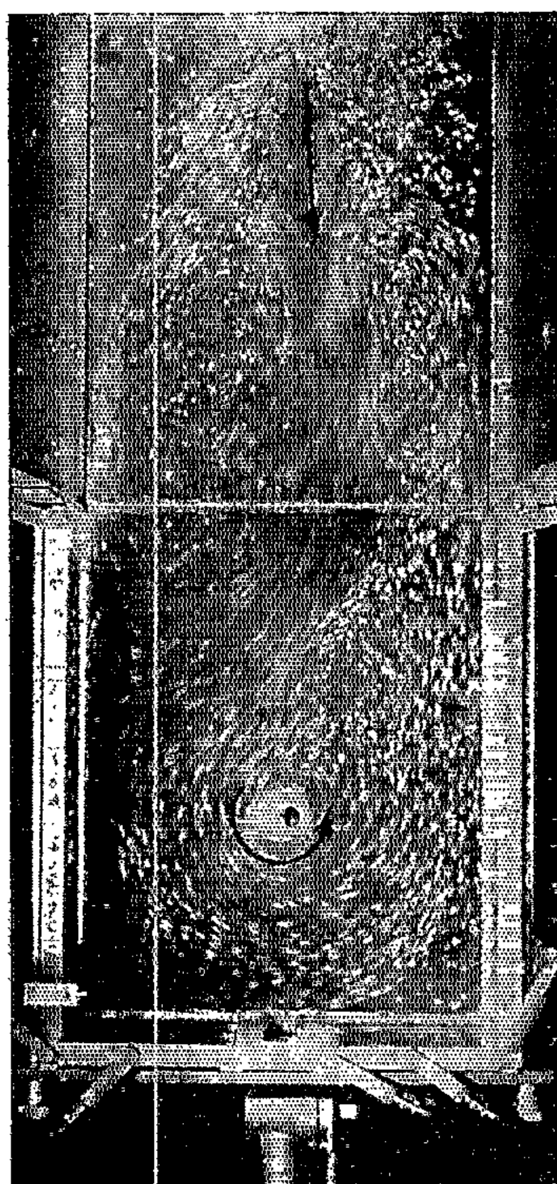


Fig. 6.

très rapprochées les unes des autres, comme celle de la figure 6 montrant l'action du courant de l'écoulement sur le tourbillon.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 621, fig. 1, 2 et 3.

(2) *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 871.

(3) *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 332.

(4) *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 30.

(5) *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3247.

(6) *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 485.

(7) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 387.

(8) *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1549.

(9) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2222.

(10) La période des variations de l'écoulement dans le petit bassin entièrement libre est de l'ordre de 1 h (1956), tandis que la période des variations de l'écoulement dans le petit bassin, muni à l'amont du petit tube *t* (*fig.* 2), est de l'ordre de quelques minutes (1962).

(Laboratoire d'Hydraulique du C. N. R. S. de l'E. N. S. E. E. H. T., Toulouse.)

HYDRAULIQUE. — *Étude du régime transitoire résultant de la fermeture d'une vanne placée en tête d'un tunnel d'amenée comportant une cheminée d'équilibre aval.* Note (*) de MM. **Léopold Escande**, **Jean Piquemal** et **Claude Thirriot**.

Schématisation mathématique du problème étudié et exposé des méthodes de résolution.

A la suite d'un incident survenu à l'usine de Paganin, exploitée par l'Électricité de France, nous avons étudié la fermeture d'une vanne placée en tête d'une galerie d'amenée en charge. Cette manœuvre provoque dans cette dernière un régime transitoire au cours duquel des phénomènes de cavitation peuvent se manifester et des surpressions importantes prendre naissance. Notre étude a pour but d'en déterminer la valeur, dans le cas d'une installation complexe comprenant une cheminée d'équilibre et une conduite alimentant une turbine. L'installation peut être pourvue ou non d'un reniflard (*fig.* 1).

Les variations de la pression Y et du débit Q dans la galerie sont régies par les équations

$$(1)\qquad \left\{\begin{aligned} g\frac{\partial Y}{\partial x} &= \frac{1}{f}\frac{\partial Q}{\partial t},\\ \frac{\partial Y}{\partial t} &= \frac{a^2}{gf}\frac{\partial Q}{\partial x}.\end{aligned}\right.$$

Lorsque la durée de manœuvre τ est beaucoup plus grande que celle de la propagation d'une onde dans la galerie ($t \gg L/a$), on peut considérer que le mouvement de l'eau se fait en bloc :

$$(2)\qquad \frac{L}{gf}\frac{dQ}{dt} + Y_2 - Y = 0.$$

Les conditions aux limites, valables dans les deux cas, sont relatives aux écoulements aux points M_1, M et B :

En M_1 :

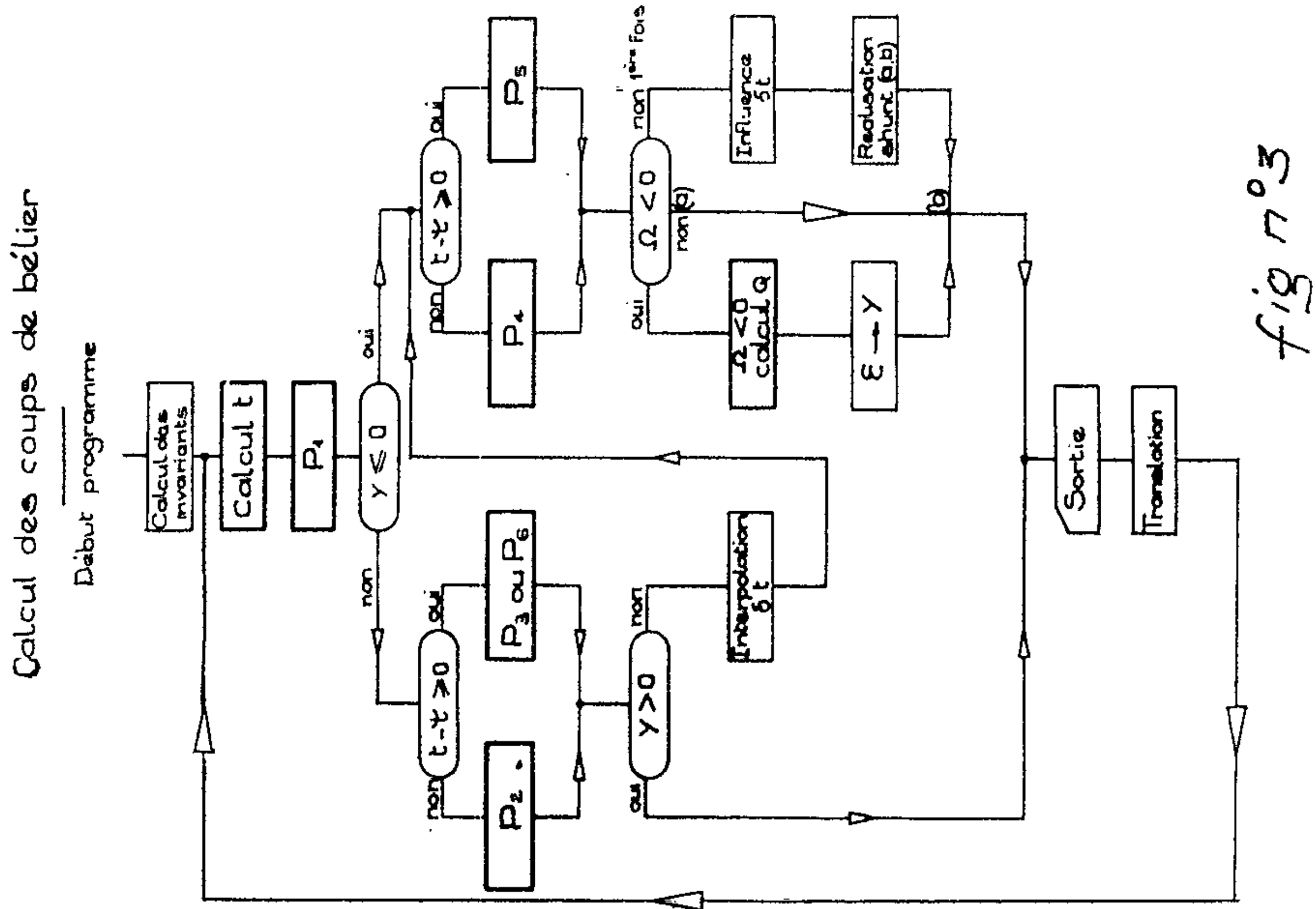
$$(3)\qquad Y_1 = Z_0 - \frac{Q_1^2}{2gm^2f^2}, \qquad \text{avec} \quad m = m_0\left(1 - \frac{t}{\tau}\right);$$

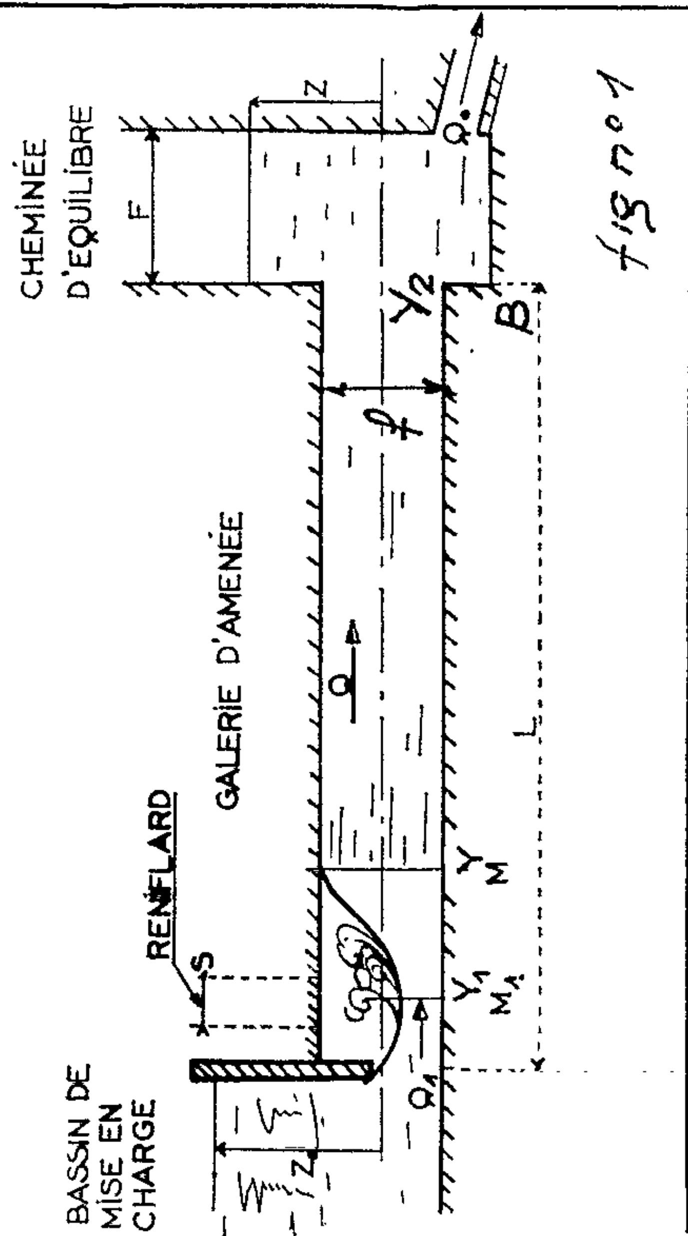
en M :

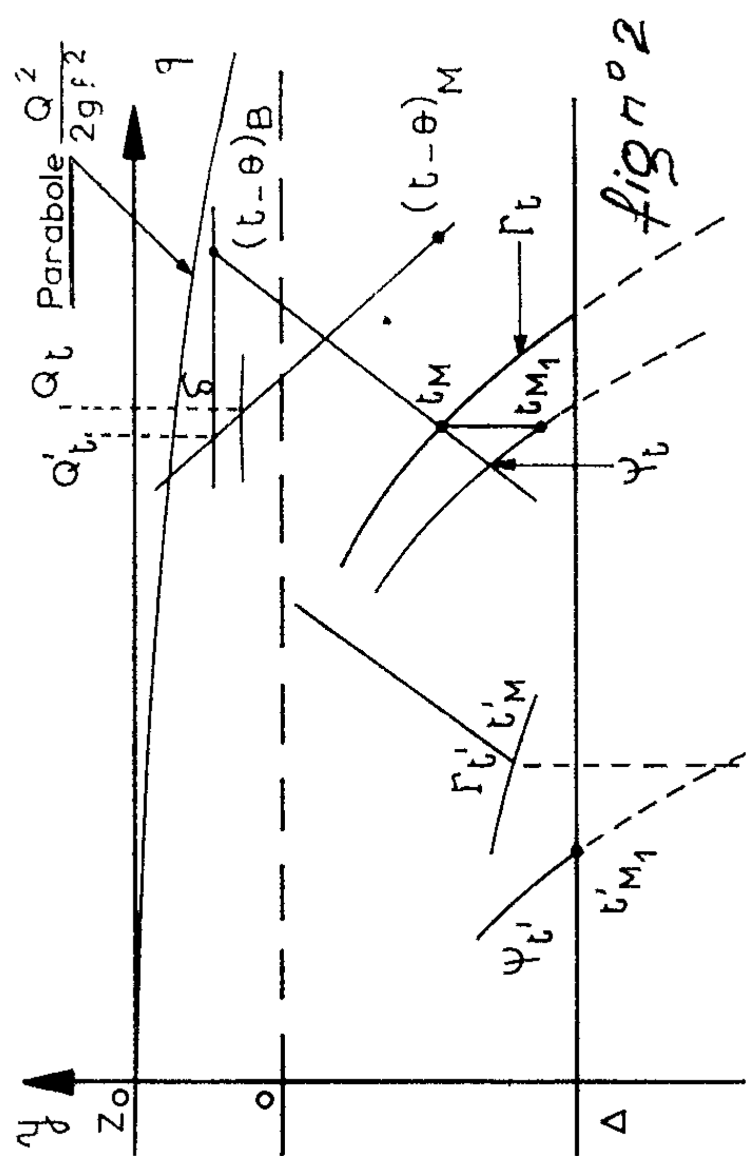
$$(4)\qquad Y = Z_0 - \frac{Q_1^2}{2gf^2}\left[\frac{1}{m^2} - \frac{2}{m}\right] - \frac{Q^2}{gf^2};$$

en B :

$$(5)\qquad Y_2 = Z - \frac{\alpha Q^2}{2gf^2} \qquad (0 \leq \alpha \leq 1).$$


Calcul des coups de bélier
Début programme
Calcul des invariants
Calcul t
oui
non
Sortie
Translation
fig n°3


BASSIN DE MISE EN CHARGE
RENFLARD
GALERIE D'AMENEE
CHEMINÉE D'ÉQUILIBRE
fig n°1


Parabole
fig n°2

En supposant que les turbines continuent d'absorber le débit nominal Q_0, la variation de niveau dans la cheminée est donnée par

$$(6) \qquad F\frac{dZ}{dt} = Q - Q_0,$$

En outre, dans le cas d'un reniflard, le remplissage de celui-ci suit la loi

$$(7) \qquad -Q = S\frac{dh}{dt},$$

la vanne étant complètement fermée.

Si l'entrée n'est pas profilée, il y a une perte de charge $\xi = (1/2)\,(Q^2/2gS^2)$ et l'on a

$$(8) \qquad Y = h + \frac{3}{2}\,\frac{Q^2}{2gS^2} \quad \text{pour une montée}$$

et

$$(9) \qquad Y = h - \frac{Q^2}{2gS^2} \quad \text{pour une descente.}$$

Le problème peut être résolu graphiquement ou numériquement.

La résolution graphique appliquée à la méthode du coup de bélier résulte de l'adaptation de la méthode de Bergeron au cas particulier du problème étudié.

On considère que les ondes se réfléchissent au point M où l'écoulement occupe la pleine section de la galerie. Les équations des lieux des points de fonctionnement en M_1 et M sont définies par les relations (3) et (4). Elles se traduisent sur l'épure respectivement par les courbes Ψ et Γ (*fig.* 2).

Deux cas sont à considérer suivant que l'écoulement est continu $Q = Q_1$ ou que la cavitation se manifeste $Q \neq Q_1$, d'où les couples de points figuratifs t_M , t_{M_1} ou t'_M t'_{M_1}.

Après passage aux différences finies, l'équation (6), résolue par approximations successives, donne l'abaissement du plan d'eau :

$$\Delta Z = \frac{1}{F}\left[\frac{1}{2}(Q_{t-\theta} + Q_t) - Q_0\right].$$

En outre, on déduit des débits Q et Q_1, l'évolution de la cavité et en particulier le débit Q_c correspondant au moment t_c de sa fermeture. La surpression maximale se produit à l'instant $t_c + (2\,L/a)$.

Le principe général de la résolution numérique réside dans la transposition du procédé graphique. Les équations différentielles sont traduites en équations aux différences finies pour se prêter au calcul arithmétique qui est le langage de la machine.

L'organigramme de la figure 3 met en évidence les différentes phases du calcul.

Le traitement numérique appliqué à la méthode d'oscillation conduit à un organigramme semblable au précédent. Seuls les noyaux de calcul sont différents. L'infrastructure concernant les tests et les opérations de servitude reste la même.

Nous examinerons dans une prochaine publication l'application des méthodes exposées au cas d'une installation de caractère industriel.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

MÉTHODOLOGIE. — *Sur l'organisation de l'heuristique.*
Note de M. **Georges Bouligand.**

Des répétitions de faits à l'expérience (d'abord *au contact*), puis aux méthodes. Rôle des *groupements de problèmes; microphénomènes, aléas* (ou *impasses*).

1. La variété des modèles concrets disponibles pour le chercheur me fait désormais introduire l'activité théorique $A\Theta$ plutôt que l'activité mathématique; la première se plie d'ailleurs au même schème *problèmes-synthèse*, doté des mêmes organes d'appui :

— *champs opératoires*, en vue de construire une solution de tel problème;

— *groupements de problèmes*, en vue du travail synthétique (1).

Voici l'essentiel de mon acquis antérieur (2) :

I. L'*heuristique* prolonge la *logique* par des règles indépendantes du thème et par d'autres, graduellement restreintes.

II. Toute discipline rationnelle s'organise à partir des *retours de situation typique* (en bref, les RST), dont chacun a donné le signal promoteur d'une *expérience*, ayant le type de la situation produite (observée, structurale, statistique, psychologique, etc.).

III. En logique, les récents progrès sont venus de notions donnant accès à l'expérience : *fonctions propositionnelles, récursivité.* D'où la formation sur le tronc logique de « rameaux » de type mathématique : *treillis* et *structures algébriques* diverses, *fonctions récursives.* (Même fait en analyse, à propos de maint chapitre : *structures topologiques, topologie algébrique,* méthodes qualitatives, méthodes directes aux fins des équations différentielles et du calcul des variations.)

IV. En heuristique, la situation notée (en III) se répète et se traduit au mieux en termes de *groupements de problèmes.* D'une part, le *groupement booléen* (l'élément inconnu, pour tous les cas d'espèce, est tiré d'un même ensemble, sous conditions propres au treillis de même nom); d'autre part, les *groupements unitaires* où tous cas d'espèce relèvent d'une *méthode* commune. D'où, la liaison logico-heuristique d'une part, et pour l'idée même de méthode, son rôle central, d'autre part. Des « rameaux logiques », on passe maintenant à des « bourgeons prospectifs ». Les différentes « structures » sont aux départs des uns et des autres. Noter enfin l'attrait de la fonction propositionnelle pour attribuer une des valeurs *vrai, faux* à un énoncé aléatoire. Rendu viable par recours mécanique, ce principe *simplifierait* l'effort heuristique.

Ce programme m'a d'abord conduit à étudier des *microphénomènes*, par entremise de groupements de problèmes adéquats. Après un bref résumé de mes apports dans cette voie, je reviendrai sur le thème des

aléas dans la recherche [3] en usant à nouveau de certains groupements, et compte tenu de la solidarité entre thèmes, en ayant soin de noter qu'il s'agit de « résultats dans l'actuel ».

2. *Microphénomènes.* — Au terme près, H. Lebesgue les rencontra dans sa Thèse (1902), qui reprenait les surfaces *isométriques au plan* en vue d'en prolonger l'étude aux cas où l'on ne dispose plus d'éléments de contact d'ordre 2, voire même d'ordre 1, univoquement définis. La mise en œuvre « d'ensembles générateurs », bien nette en des cas particuliers, ouvre une voie qui devient impraticable quand monte le numéro d'ordre de telle classification ensembliste : fait qui se répète en d'autres problèmes, relatifs à la *conservation des volumes* [4] et à divers thèmes.

Dans une voie qui induit vers des distributions de probabilités sur des familles de solutions d'un problème différentiel (ordinaire ou aux dérivées partielles), je devais rencontrer des problèmes à modèle concret de *type aléatoire* (enveloppement d'un sphéroïde convexe au sens strict dans un morceau de papier, assez étendu, deux expériences prises dans une série ne donnant pas les mêmes plis, les mêmes superpositions). Ces mêmes problèmes sont adaptables à l'analyse ordinaire, en les exprimant à ε près. Ils ont d'autre part l'intérêt d'avoisiner des *problèmes singuliers*, c'est-à-dire non résolubles sauf par *perte de dimension*, au sein d'un groupement [5]. D'où : application immédiate à des équations ou à des systèmes de Pfaff, voire à des inéquations. Ce qui ouvre plusieurs voies à la recherche en des zones classiques.

3. *Aléas dans la recherche.* — Vouloir établir *a priori* une démarcation entre un projet de recherche qui serait *viable* (type $\mathcal{V}$) et un autre qui serait *utopique* (type $\mathcal{U}$) serait bien vite taxé de « désir sentimental » si l'on désirait un résultat global, *valable* dans *toute l'étendue d'un chapitre*, en un volumineux traité d'Analyse. Je n'offre rien de plus, à cet égard, qu'une *expérience* limitée à une zone restreinte de *théorie du potentiel* dans les espaces euclidiens n-dimensionnels R^n.

A cette fin, je retiens d'abord que l'étude des *systèmes d'équations* empruntés à l'*algèbre linéaire* livre un *groupement unitaire.*

Je vais maintenant aller à la rencontre de l'exemple annoncé, guidé par une complémentarité entre « linéaire et non-linéaire irréductible », l'irréductibilité s'opposant à des « détours » introduits par le jeu d'un résolvant linéaire [6].

Ladite complémentarité apparaît déjà à propos de groupements G_n livrés par des équations

$$f_n(x) = 0, \qquad f_n(x_1, x_2, \ldots, x_r) = 0$$

dont les premiers membres sont des polynomes à coefficients arbitraires, dès qu'on discute pour la première de résolubilité par radicaux, pour les autres de la résolubilité par fonctions rationnelles de $n-1$ paramètres : des conditions nécessaires empêchent alors la nature unitaire du G_n.

Or, un tel état de choses se répète en Analyse fonctionnelle, pour des thèmes étendus, comme celui (ZN) de Zaremba-Nikodým ([7]) incluant, dans tout le groupement qui en dérive, les problèmes de Dirichlet et de Neumann *sous les normes hilbertiennes*, problèmes où l'unicité avec existence de la solution vaut comme en tout autre du groupement grâce à un choix nouveau de l'inconnue (désormais grad U au lieu de U), choix permettant d'assurer l'uniformité indépendamment de la *connexion*, la méthode étant d'ailleurs indifférente à la *dimension spatiale*.

4. On va voir maintenant le « *type d'échec* » en un point d'attaque. En un domaine D d'une R^3, on voudrait un potentiel harmonique U (M), ayant sur la frontière $\bar{D} - D$ une densité d'énergie grad^2 U imposée. Comme en (ZN), on maintient l'inconnue grad U, uniforme dans D (chose douteuse pour U). Le cas général de ce problème est ardu, faute d'y bénéficier du *résolvant linéaire* lié à $U + iV$ pour $n = 2$. Pour cette valeur, une variante connue de l'intégrale de Poisson livre un ensemble continu de solutions, chacune étant distinguée par donnée sur D de l'ensemble des zéros de $|\text{grad } U|$ et de l'ordre entier afférent. Il s'impose en revanche pour $n > 2$, une enquête préalable, sur l'ensemble Γ des points $|\text{grad } U| = 0$ où n'a plus lieu la détermination univoque de la normale à une surface équipotentielle (s'en tenir pratiquement au cas $n = 3$). Alors, dans le domaine D, on a un ensemble dénombrable de points et de lignes analytiques dont la réunion donne Γ : les lignes $(U = c_i)$ sont toutes sur la hessienne de U, portant les points S où sont coplanaires les gradients des dérivées de U suivant les arêtes d'un trièdre non dégénéré de sommet S. *Un tel seuil est impraticable*. En effet, ôtant de D les points de Γ, on obtient un autre domaine $\mathcal{D}$, sur lequel $|\text{grad } U|$ est $\neq 0$ partout.

5. Cela posé, d'un centre $M \in \mathcal{D}$, décrivons β_M, boule ouverte de centre M, de rayon maximal et incluse dans $\mathcal{D}$. Malgré le peu qu'on sait de Γ, tenons-le pour connu (*hypothèse gratuite*). Nul sur Γ, le carré de grad U est donné sur la frontière de D. Cherchons à le déterminer dans $\mathcal{D}$. Partons d'un scalaire σ, continu sur $\bar{\mathcal{D}}$, avec lesdites valeurs à la frontière de $\mathcal{D}$. Soit Ω l'opération qui tire en M la valeur de $\text{grad}^2 \sigma$ de ses valeurs au pourtour de β_M. Répétant à l'infini l'action de Ω, on peut espérer (ce qu'il faudrait prouver) une convergence qui dans $\mathcal{D}$, redonnerait finalement $\text{grad}^2 \sigma$. Mais c'est l'*impasse*, faute de connaître Γ, soit encore l'ensemble d'annulation de l'élément inconnu grad U. En outre, on n'a pas fixé Ω, objectif plus abordable qu'on atteindrait en lui imposant :

a. pour tout M, l'homogénéité (deg. 2) quant aux valeurs sur $\text{fr}^{\text{re}}\, \beta_M$;

b. la symétrie sphérique et les conditions $c_{m,n}$ induites par les fonctions $Y_M^{m,n}(\theta, \varphi)$ en veillant à garantir une complétude.

En un tel projet, demeure la lacune rédhibitoire, à propos de la solidarité cachée entre la hessienne de U et, d'une part, l'atteinte (utopique) de Γ sur ladite surface, faute de savoir tirer U de conditions impliquant l'*hypo-*

thèse gratuite au début de ce paragraphe. Ignorant Γ, on n'a d'ailleurs aucun moyen d'obtenir $\mathcal{D}$. En fait, la difficulté est ici mieux localisée que pour $x^n + y^n = z^n$ (avec tous n et x, y, z entiers). Mais la complexité rencontrée fait apprécier la position qu'il faudrait ici dominer.

(1) *Bull. Soc. Sc. Liège*, 31, p. 607.
(2) *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 37.
(3) *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3922.
(4) *Ann. Matematica*, 58 1959, p. 533.
(5) *Ann. Matematica*, 62, 1963, p. 63.
(6) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1537.
(7) NIKODÝM, *J. Math. pures et appl.*, 9e série, 12, 1933, p. 95.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

PRÉSENTÉS OU TRANSMIS PAR LES MEMBRES ET CORRESPONDANTS.

ALGÈBRE. — *Produit direct de boucles.*

Note (*) de M. **Gérard Mattenet**, présentée par M. Gaston Julia.

La seconde partie de (1) donne une condition nécessaire et suffisante pour qu'une boucle soit produit direct de deux sous-boucles normales. La notion de produit direct ne s'étend qu'aux quasi-groupes à idempotents et le résultat obtenu ici par les boucles, n'est pas valable pour ces derniers. Les notations sont celles de la seconde partie de (1). Nous utilisons les propriétés classiques du produit direct de deux sous-boucles normales, telles qu'on peut les trouver dans R. H. Bruck (2).

Soit B une boucle d'élément-unité e et E une sous-boucle normale de B.

Nous désignons par $\mathcal{R}_E$ la relation d'équivalence régulière et simplifiable (R. S.) sur B, admettant E pour classe-unité. D'après (1), chap. II, § 2, th. 2, (*a*), le sous-groupe distingué $\nu(\mathcal{R}_E)$ des éléments de G, groupe associé de B, laissant stables les classes modulo $\mathcal{R}_E$, contient le sous-groupe H_E de G engendré par les translations de B définies par les éléments de E. Il existe un homomorphisme canonique ψ de H_E sur le groupe associé G_E de la boucle E défini par

$$\psi(\alpha) = \alpha \mid E = \alpha_1.$$

Pour toute application α définie sur B, nous désignerons par $\alpha_1 = \alpha \mid E$ sa restriction à E.

Théorème. — *La condition nécessaire et suffisante pour qu'une boucle* B *soit produit direct de deux sous-boucles normales* E *et* F *est que* G *soit produit direct de deux sous-groupes distingués* H *et* K *appartenant à la famille* $\mathcal{G}$ *définie dans* (1), chap. II, § 1, th. 1.

On a alors $H = \nu(\mathcal{R}_E) = H_E$ *et est canoniquement isomorphe au groupe associé* G_E *de* E *et* $E = H(e)$, $F = K(e)$.

Démonstration. — *a.* Supposons que G soit produit direct de deux sous-groupes distingués H et K de la famille $\mathcal{G}$. $E = H(e)$, $F = K(e)$ sont alors deux sous-boucles normales de B classes unités modulo les équivalences R. S. : $\mu(H)$ et $\mu(K)$ [*voir* (1), chap. II].

Mais alors, d'après (1), chap. II, corollaire, p. 23, on a

$$EF = \sup(E, F),$$

EF est donc la classe unité modulo $\sup(\mu(H), \mu(K))$.

Or, d'après (1), chap. II, § 1, th. 1 et § 2, th. 2 et 3, on a

$$\sup(\mu(H), \mu(K)) = \mu[\sup_{\mathcal{K}}(\nu\mu(H), \nu\mu(K))];$$

puisque $H \in \mathcal{G}$ on a, d'après ([1]), chap. II, th. 1,

$$\nu\mu(H) = H,$$

d'où

$$\sup(\mu(H), \mu(K)) = \mu(\sup_{\mathcal{H}}(H, K)) = \mu(HK) = \mu(G).$$

Il en résulte que

$$EF = G(e) = B.$$

$E \cap F$ est la classe unité modulo

$$\mu(H) \cap \mu(K) = \inf_{\mathcal{J}}(\mu(H), \mu(K));$$

or, d'après ([1]), chap. II, th. 1, 2, 3, on a

$$\mu(H) \cap \mu(K) = \mu[\nu\mu(H) \cap \nu\mu(K)] = \mu(H \cap K) = \mu(\{1\}),$$

donc

$$E \cap F = \{e\}.$$

Donc B est produit direct des sous-boucles normales E et F.

b. Supposons que B soit produit direct de deux sous-boucles normales E et F. Alors, si $x \in B$, on a [*voir* ([2])], de façon unique,

$$x = ab, \qquad \text{où } a \in E, \quad b \in F.$$

De même, si $y \in B$, on a

$$y = zt, \qquad \text{avec } z \in E, \quad t \in F.$$

On en déduit

$$R_x(y) = yx = (zt)\,(ab) = (za)\,(tb),$$
$$R_b R_a(y) = [(zt)\,a]\,b = [(za)\,t]\,b = (za)\,(tb),$$

d'où

$$R_x = R_b R_a.$$

De même,

$$L_x = L_a L_b.$$

D'après la remarque faite au début, L_a, $R_a \in \nu(\mathcal{R}_E)$, donc

$$R_x, \quad L_x \in \nu(\mathcal{R}_E)\,\nu(\mathcal{R}_F),$$

d'où

$$G = \nu(\mathcal{R}_E)\,\nu(\mathcal{R}_F).$$

D'après ([1]), chap. II, th. 1, 2, 3, on a

$$\mu[\nu(\mathcal{R}_E) \cap \nu(\mathcal{R}_F)] = \inf_{\mathcal{J}}(\mathcal{R}_E, \mathcal{R}_F) = \mathcal{R}_{E \cap F} = \mathcal{R}_{\{e\}} = \mathcal{E}.$$

Donc, si $\alpha \in \nu(\mathcal{R}_E) \cap \nu(\mathcal{R}_F)$, on a pour tout $x \in B$, $\alpha(x) = x$, c'est-à-dire $\alpha = 1$.

G est donc produit direct des sous-groupes distingués $\nu(\mathcal{R}_E)$, $\nu(\mathcal{R}_F)$ de G.

c. Montrons qu'alors, $\nu(\mathcal{R}_E) = H_E$ est canoniquement isomorphe à G_E.

Soit θ l'homomorphisme canonique de B sur la boucle quotient B/F; sa restriction $\theta_1 = \theta | E$ à la sous-boucle E est un isomorphisme de E sur B/F. Soient alors φ et φ_1 les homomorphismes de G sur $G_{B/F}$ et de G_E sur $G_{B/F}$ associés à θ et θ_1 par la proposition 5 de ([1]), chap. II.

Soit $x \in B/F$, on a alors $x = \theta_1 a$ avec $a \in E$; si $\alpha \in H_E$, on a alors

$$\varphi_1 \circ \psi(\alpha)(x) = \varphi_1(\alpha_1)\theta_1 a = \theta_1 \alpha_1 a = \theta\, \alpha(a) = \varphi(\alpha)\theta a = \varphi(\alpha)(x).$$

Donc

$$\varphi_1 \circ \psi = \varphi | H_E.$$

On a $H_E \cap \nu(\mathcal{R}_F) = \{ 1 \}$; φ étant un homomorphisme de noyau $\nu(\mathcal{R}_F)$, $\varphi | H_E$ est donc un isomorphisme de H_E sur $G_{B/F}$, puisque $\varphi_1 \circ \psi$ est surjectif. θ_1 étant un isomorphisme de E sur B/F, φ_1 est un isomorphisme de G_E sur $G_{B/F}$. ψ est donc un isomorphisme de H_E sur G_E.

Soit φ_2 l'isomorphisme de $G_{B/F}$ sur $G/\nu(\mathcal{R}_F)$. Si $\alpha \in G$, φ_2 associe à $\varphi(\alpha)$, la classe de α modulo $\nu(\mathcal{R}_F)$. Soit φ_3 l'isomorphisme de $G/\nu(\mathcal{R}_F)$ sur $\nu(\mathcal{R}_E)$. Si $\alpha \in \nu(\mathcal{R}_E)$, φ_3 associe à la classe de α modulo $\nu(\mathcal{R}_F)$, α.

Par suite, si $\alpha \in H_E \subset \nu(\mathcal{R}_E)$, on a

$$\varphi_3 \circ \varphi_2 \circ \varphi(\alpha) = \alpha,$$

φ, φ_2, φ_3 étant tous trois surjectifs, il en résulte que $H_E = \nu(\mathcal{R}_E)$.

C. Q. F. D.

En outre, on peut montrer que si $\alpha \in H_E$, $x \in E$, $y \in F$, on a

$$\alpha(xy) = \alpha(x)y.$$

On peut en déduire les projections de G sur H_E et H_F connaissant celles de B sur E et F et *vice versa*.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

([1]) G. MATTENET, *Sur les Quasi-groupes*, Séminaire Dubreil-Pisot (*Algèbre et Théorie des Nombres*), 15e année, 1961-1962, nº 12.

([2]) R. H. BRUCK, *A survey of binary systems*, Springer-Verlag, Berlin, Göttingen, Heidelberg, 1958 (*Ergebnisse der Mathematik*, 20).

ALGÈBRE. — *Sur les lois formelles.*

Note (*) de M. NORBERT ROBY, transmise par M. Jean Leray.

Cette Note fait suite à une Note précédente (1). Les notations et définitions en sont employées. Nous y ajoutons la définition d'une *nilalgèbre* : c'est une algèbre dont chaque élément est nilpotent.

ÉTUDE GÉNÉRALE. — Les *lois formelles* sur un couple (M, N) de modules se définissent comme les lois polynomes, le rôle des algèbres unitaires étant joué maintenant par les *nilalgèbres*. Elles forment un module $\mathcal{F}$ (M, N) qui s'identifie au module produit des modules $\mathcal{L}_n$ (M, N) ($n \geq 1$). Dans cette identification, le module $\mathcal{L}_+$ (M, N) des lois polynomes sans terme constant devient un sous-module de $\mathcal{F}$ (M, N), dense pour la *topologie formelle* définie comme la topologie produit des topologies discrètes dans chacun des $\mathcal{L}_n$ (M, N).

Soit Γ_+ (M) la sous-algèbre de Γ (M) formée des éléments sans terme constant. Il existe un isomorphisme canonique entre $\mathcal{F}$ (M, N) et $\mathcal{L}$ (Γ_+ (M), N) tel que, si f et φ se correspondent on a, pour toute nilalgèbre R et tout $z = x_1 \otimes r_1 + \ldots + x_p \otimes r_p \in M \otimes R$:

$$f_R(z) = \sum_{k_1+\ldots+k_p \geq 1} \varphi(x_1^{[k_1]} \ldots x_p^{[k_p]}) \otimes r_1^{k_1} \ldots r_p^{k_p} \quad \text{(sommation finie).}$$

Les lois formelles se composent, conformément à la définition : $(f \circ g)_R = f_R \circ g_R$.

THÉORÈME DES « FONCTIONS IMPLICITES ». — *Soient trois* A-*modules* M,N,P *et une loi formelle* $f \in \mathcal{F}(M \times N, P)$. *Soit* $\pi_{0,1} f$ *l'application linéaire de* N *dans* P *qui est la composante de bidegré* (0, 1) *de f. Alors, si* $\pi_{0,1} f$ *est bijective, il existe une loi formelle* $g \in \mathcal{F}$ (M, N) *et une seule telle que* : $f(m, g(m)) = 0$, *où m est la loi identique de* M.

On dit que $f \in \mathcal{F}(M, M')$ est *inversible* s'il existe $g \in \mathcal{F}(M', M)$ avec $f \circ g = m'$ et $g \circ f = m$, *où m' est la loi identique de* M'.

Théorème du jacobien : Pour que f soit inversible il faut et il suffit que la composante de degré 1 *de f soit un isomorphisme de* M *sur* M'.

On définit la *différentielle* D$f(m, m')$ de $f \in \mathcal{F}$ (M, N). C'est la loi formelle sur le couple (M × M, N) définie, pour toute nilalgèbre R et pour z et $z' \in M \otimes R$, par : $(Df)_R(z, z')$ = coefficient de T dans $f_{R[T]}(z + z'T)$.

On appelle *champ formel* ou *transformation formelle* (resp. *forme formelle*) sur M un élément de $\mathcal{F}$ (M, M) [resp. $\mathcal{F}$ (M, A)]. On montre que $\mathcal{F}$ (M, A) forme une algèbre pour la multiplication définie par $(fg)_R = f_R g_R$.

On appelle *dérivation dans* $\mathcal{F}$ (M, N) *par rapport au champ* $\alpha \in \mathcal{F}$ (M, M) l'endomorphisme θ_α de $\mathcal{F}$ (M, N) défini par $\theta_\alpha f = Df(m, \alpha(m))$. Si N = A, alors θ_α est une dérivation d'algèbre. Pour α et $\beta \in \mathcal{F}$ (M, M), on pose $[\alpha, \beta] = \theta_\alpha \beta - \theta_\beta \alpha$. Alors $\mathcal{F}$ (M, M) devient une *algèbre de Lie*; comme

sous-algèbre de Lie on retrouve (opposée) l'algèbre de Lie des endomorphismes de M. Quel que soit le module N considéré on a : $[\theta_\alpha, \theta_\beta] = \theta_{[\alpha,\beta]}$.

Cas particulier. — On suppose maintenant que $A = \mathbf{C}$ ou $\mathbf{R}$ et que M et N sont de dimensions finies. On munit $\mathcal{F}(M, N)$ de la topologie produit des topologies canoniques des espaces vectoriels $\mathcal{L}_n(M, N)$ de dimension finie; on met alors sur End $\mathcal{F}(M, N)$ la topologie de la convergence simple.

Pour tout $\alpha \in \mathcal{F}(M, M)$, la série $\sum_{n=0}^{\infty}(\theta_\alpha^n)/n!$ converge, dans End $\mathcal{F}(M, N)$ vers un automorphisme $\exp \theta_\alpha$; si $N = A$, alors $\exp \theta_\alpha$ est un *automorphisme de l'algèbre* $\mathcal{F}(M, A)$. Si $N = M$, on pose $(\exp \theta_\alpha)\, m = \exp \alpha$; alors, pour N quelconque et $f \in \mathcal{F}(M, N)$ on a $(\exp \theta_\alpha) f = f \circ \exp \alpha$. Si α est un endomorphisme de M, alors $\exp \alpha$ a sa signification habituelle.

Pour $\alpha \in \mathcal{F}(M, M)$, soit $\operatorname{ad} \alpha \in \operatorname{End} \mathcal{F}(M, M)$ défini par $(\operatorname{ad} \alpha)\beta = [\alpha, \beta]$. Alors, dans End $\mathcal{F}(M, M)$, la série $\sum_{n=0}^{\infty}(\operatorname{ad} \alpha)^n/n!$ converge vers un endomorphisme $(\exp \operatorname{ad} \alpha)$. Pour f, g, $\alpha \in \mathcal{F}(M, M)$, on a

$$\theta_{(\exp \operatorname{ad} \alpha) f}\, g = [\theta_f (g \circ \exp - \alpha)] \circ \exp \alpha \qquad \text{et} \qquad (\exp \operatorname{ad} \alpha) f = (\theta_f \exp - \alpha) \circ \exp \alpha.$$

L'endomorphisme $(\exp \operatorname{ad} \alpha)$ est un automorphisme d'algèbre de Lie.

Soit $\alpha \in \mathcal{F}(M, M)$. L'application de A dans $\mathcal{F}(M, M)$ définie par $t \to \beta(t) = \exp t\alpha$ est un homomorphisme de groupes additifs; c'est la seule solution de chacune des deux équations différentielles avec conditions initiales suivantes :

$$\text{(I)} \qquad \frac{d}{dt}\beta(t) = \theta_\alpha \beta(t), \qquad \beta(0) = m;$$

$$\text{(II)} \qquad \frac{d}{dt}\beta(t) = \alpha \circ \beta(t), \qquad \beta(0) = m.$$

Problème de l'itération continue : $(A = \mathbf{C})$. — Soit $\beta \in \mathcal{F}(M, M)$ une transformation formelle inversible. Peut-on prolonger l'homomorphisme de groupes : $\mathbf{Z} \to \mathcal{F}(M, M)$ défini par $n \to \beta^n$ en un homomorphisme de groupes $A \to \mathcal{F}(M, M)$? Sous réserve d'une condition naturelle de régularité à l'origine, le problème revient à trouver $\alpha \in \mathcal{F}(M, M)$ tel que : $\beta = \exp \alpha$; alors, la solution cherchée est définie par $t \to \exp t\alpha$. On a le résultat suivant :

1° *Si* $\beta = \exp \alpha$, *si* β_1 (resp. α_1) *est la composante de degré* 1 *de* β (resp. α) *on a*

$$\beta_1 = \exp \alpha_1.$$

2° *Réciproquement, soit* β *une transformation formelle inversible sur un espace vectoriel* M *de dimension finie. Soit* α_1 *un endomorphisme de* M *tel que* $\exp \alpha_1 = \beta_1$ *(de tels* α_1 *existent en infinité). Soit* $(\lambda_1, \ldots, \lambda_n)$ *l'ensemble complet de toutes les valeurs propres de* α_1. *Supposons qu'il n'existe aucune*

relation de la forme $\sum_{j=1}^{n} h_j\lambda_j = 2k\pi i$, *où* k *est un entier* $\neq 0$ *et où* $h_1, \ldots, h_n$ *sont des entiers de somme* ≥ 1, *tous* ≥ 0 *sauf au plus l'un d'eux qui peut être égal à* -1.

Alors, il existe un champ formel $\alpha \in \mathcal{F}(\mathrm{M}, \mathrm{M})$ *et un seul tel que* $\exp \alpha = \beta$ *et dont la composante de degré* 1 *est* α_1.

Si, au contraire, il existe une relation de la forme indiquée, il ne peut exister de tel champ formel α *que si* β *vérifie certaines conditions supplémentaires non triviales.*

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) *Comptes Rendus*, 255, 1962, p. 2876.

(6, *place de l'Homme-de-Fer, Strasbourg, Bas-Rhin.*)

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Limite d'une suite de fonctions pseudo-aléatoires. Dérivée d'une fonction pseudo-aléatoire.* Note de MM. **Jean Bass** et **Vo-Khac Khoan**, présentée par M. Maurice Fréchet.

Dans cette Note, on se propose d'étudier la limite d'une suite de fonctions pseudo-aléatoires [1] et d'appliquer le résultat obtenu à la dérivation d'une fonction pseudo-aléatoire.

Nous allons nous placer dans deux espaces fonctionnels : l'espace P et l'espace C.

1. *Étude dans l'espace* P. — P est l'espace non vectoriel des fonctions complexes $f(t)$ de la variable réelle t, localement intégrables, telles que

$$\mathfrak{M}|f|^2 = \lim_{T\to\infty} \frac{1}{2T}\int_{-T}^{T} |f(t)|^2\, dt \quad \text{existe.}$$

Tout sous-espace vectoriel E de P peut être structuré en un espace topologique hilbertien, en lui adjoignant le produit scalaire $\langle f, g\rangle = \mathfrak{M} f\bar{g}$ et la norme $\|f\| = \{\langle f, f\rangle\}^{1/2}$. Une limite, au sens de cette métrique, sera appelée P-limite.

Considérons un sous-espace vectoriel particulier $\mathcal{E}$ qui, avec $f(t)$, contienne les translatées $f(t+h)$ de $f(t)$. Dans [2], on a montré qu'on peut alors associer à $f(t)$ une fonction spectrale locale $Y(t, \Delta)$ et une fonction spectrale énergétique $\sigma(\omega)$. Dans [3], on a montré qu'à tout $c(\omega)\in L^2(\sigma)$, espace des fonctions de carré sommable relativement à la mesure σ, on peut faire correspondre la fonction

$$g(t) = J(c) = \int_{-\infty}^{\infty} c(\omega)\, Y(t, d\omega),$$

l'intégrale étant définie comme une P-limite. Cette correspondance conserve le produit scalaire et, par suite, la norme.

Théorème 1. — *Dans $\mathcal{E}$, la* P-*limite $g(t)$ d'une suite de fonctions pseudo-aléatoires $g_n(t)$, est elle-même pseudo-aléatoire. La fonction de corrélation $\gamma(h)$ de $g(t)$ est la limite uniforme des $\gamma_n(h)$ des fonctions $g_n(t)$.*

Démonstration. — Soit $c_n(\omega)$ une suite de fonctions appartenant à $L^2(\sigma)$ et ayant pour limite $c(\omega)\in L^2(\sigma)$. Dans [3], on a démontré que $\mathcal{E}$ est complet; en particulier, la P-limite des fonctions $g_n(t) = J(c_n)$ est la P-fonction $g(t) = J(c)$.

D'autre part,

$$\gamma_n(h) - \gamma(h) = \int_{-\infty}^{\infty} (|c_n(\omega)|^2 - |c(\omega)|^2)\, e^{2i\pi\omega h}\, d\sigma(\omega).$$

Comme $c_n(\omega)$ et $c(\omega)$ appartiennent à $L^2(\sigma)$ et comme $c_n(\omega)$ tend vers $c(\omega)$ dans $L^2(\sigma)$, l'inégalité de Schwarz montre que $|\gamma_n(h) - \gamma(h)| < \varepsilon$ dès que $n > N_0(\varepsilon)$.

Corollaire 1. — *La P-dérivée $g(t)$ d'une fonction pseudo-aléatoire $f(t)$ existe si et seulement si $\omega^2 \in L^2(\sigma)$. Dans le cas où elle existe, cette P-dérivée est elle-même pseudo-aléatoire. Sa fonction de corrélation est égale à $-(\partial^2/\partial h^2)\,\gamma_f(h)$.*

Ce corollaire se déduit du théorème 1 avec $c_n(\omega) = 1/l_n\,(\exp 2\pi i l_n \omega - 1)$ et $c(\omega) = 2\pi i\omega$. On montre que $c_n(\omega)$ tend vers $c(\omega)$ dans $L^2(\sigma)$, quand l_n tend vers zéro.

Pour prouver que $\gamma_g(h) = -\gamma''_f(h)$, on peut utiliser la relation $\gamma_g = \lim \gamma_{g_n}$, avec

$$\gamma_{g_n}(h) = \frac{1}{l_n^2}[2\gamma(h) - \gamma(h + l_n) - \gamma(h - l_n)].$$

2. *Étude dans l'espace $\mathcal{C}$.* — On considère l'ensemble des fonctions pseudo-aléatoires bornées et continues comme un sous-ensemble de l'espace vectoriel topologique $\mathcal{C}$ des fonctions continues bornées avec la norme $\| f \| = \sup_t | f(t) |$.

Théorème 2. — *La limite uniforme $g(t)$ d'une suite de fonctions pseudo-aléatoires $g_n(t)$ est pseudo-aléatoire. La fonction de corrélation $\gamma(h)$ de $g(t)$ est limite uniforme de $\gamma_n(h)$.*

La démonstration de ce théorème se fait en introduisant les fonctions de corrélation des $g_n(t)$, qui constituent une suite de Cauchy. Dans le cas particulier où les $g_n(t)$ forment un sous-espace vectoriel $\mathcal{S}$, le théorème 2 se déduit du théorème 1 par la remarque suivante : Si $g(t)$ est limite uniforme des $f_n(t)$, alors $f(t)$ est aussi leur P-limite.

Corollaire 2. — *Si une fonction pseudo-aléatoire $f(t)$ est dérivable pour tout t, et si la dérivée $f'(t)$ est uniformément continue, alors $f'(t)$ est pseudo-aléatoire et $\gamma_{f'}(h) = -\gamma''_f(h)$.*

Ce corollaire se démontre facilement à partir du théorème 2, en posant

$$g_n(t) = \frac{1}{l_n}[f(t + l_n) - f(t)] = f'(t + \theta_n l_n) \qquad (0 < \theta_n < 1).$$

3. *Relation entre les deux dérivées.* — Remarquons d'abord que la P-dérivée n'est définie qu'à une P-fonction équivalente à zéro près (deux P-fonctions sont dites équivalentes si la norme dans $\mathcal{S}$ de leur différence est nulle). La dérivée ordinaire et la P-dérivée ne sont donc pas égales en général, et l'existence de l'une entraîne pas nécessairement celle de l'autre. Mais :

1° Si la dérivée ordinaire existe et est uniformément continue, alors la P-dérivée existe, et lui est équivalente (*cf.* § 2);

2° Si la fonction $f(t)$ admet une P-dérivée $g(t)$, et si $g(t)$ est sommable, alors il existe une P-fonction $\tilde{f}$ équivalente à $f(t)$ telle que la dérivée ordinaire $(\tilde{f}(t))'$ existe et soit équivalente à $g(t)$.

En effet, considérons la fonction $\int_0^l g(t + h)\,dh$. C'est une fonction absolument continue de l, qui admet une dérivée ordinaire, presque partout,

égale à $g(t+l)$. Or

$$\int_0^l g(t+h)\,dh = \int_0^l dl \int_{-\infty}^{\infty} 2i\pi\omega e^{2i\pi h\omega}\, Y(t,\, d\omega)$$
$$= \int_{-\infty}^{\infty} Y(t,\, d\omega)\,[e^{2i\pi l\omega} - 1] = \tilde{f}(t+l) - \tilde{f}(t).$$

L'interversion de l'ordre des intégrales se démontre de la façon suivante : Considérons le noyau $K(h, \omega) = 2\pi i\omega e^{2\pi i h\omega}$ qui appartient à $L^2(\sigma \otimes h)$ relativement à la mesure $\sigma \otimes h$. D'après un théorème d'approximation classique [*cf.* par exemple ([4])], on peut considérer $K(h, \omega)$ comme la limite dans $L^2(\sigma \otimes h)$ des noyaux de rang fini $\sum_{j=1}^{n} a_j(h)\, b_j(\omega)$ avec $b_j \in L^2(\sigma)$ et $a_j \in L^2(h)$. Pour ces derniers noyaux, l'interversion des intégrales est triviale. Pour le noyau $K(h, \omega)$, il suffit de passer à la limite.

([1]) J. Bass, *Bull. Soc. Math. Fr.*, 87, 1959, p. 1-64.
([2]) J. Bass, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3072.
([3]) J. Bass, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2353.
([4]) F. Riesz et Sz. Nagy, *Leçons d'Analyse fonctionnelle*, Gauthier-Villars, Paris, 1955, p. 158.

GÉOMÉTRIE. — *Sur certaines relations algébriques entre les droites d'une même surface du troisième ordre de la Géométrie finie.* Note (*) de M. **André Marchaud**, présentée par M. Paul Montel.

1. C. Juel a établi en 1915 que « la surface élémentaire générale du troisième ordre » possède 3, 7, 15 ou 27 droites, tout comme une surface du *troisième degré* sans point singulier ([1]). Mais ce qui ne paraît pas avoir été soupçonné — en tout cas n'a pas été signalé jusqu'à présent — c'est que les 27 droites appartiennent à une surface du troisième degré. Qui plus est, cette propriété est un cas particulier d'une proposition bien plus étendue, valable pour la surface du troisième ordre définie dans mon Mémoire de 1939 ([2]) comme un ensemble fermé S, de l'espace projectif, dont chaque section plane est une courbe du troisième ordre au plus, l'une au moins étant du troisième ordre et sans droite. Ces courbes sont obtenues directement à partir du continu. C'est dire qu'il n'est fait sur S aucune hypothèse de nature infinitésimale, alors que les surfaces de C. Juel sont supposé pourvues notamment de plans tangents continus.

2. Dans le Mémoire cité (qui sera désigné par M) j'appelle *point régulier* de S tout point de cet ensemble par lequel on peut mener une sécante (au moins) rencontrant S exactement en trois points. Les points non réguliers sont dits *irréguliers.* Trois points irréguliers ne peuvent être alignés sans que tous les points de la droite support le soient; c'est une *droite irrégulière.* En tout point régulier *m*, à distance finie, le voisinage de *m* sur S est une rondelle de surface simple de Jordan à pentes bornées par rapport aux plans perpendiculaires à une trisécante issue de *m*, arbitrairement choisie ([3]). On peut légitimement appeler S une surface, car les seuls cas possibles sont les suivants :

— S possède deux droites irrégulières. C'est alors l'ensemble d'un cône et d'une droite isolée issue du sommet du cône ([4]).

— S possède une seule droite irrégulière. C'est alors un cône complété éventuellement par un point isolé ou une surface réglée engendrée par la variation continue d'une droite ([5]).

— S possède au plus quatre points irréguliers ([6]).

La proposition annoncée concerne ce dernier cas, lorsque S n'est pas *dégénérée*, c'est-à-dire n'est pas un cône ou n'en contient pas un. J'ai pu établir récemment que *la condition évidemment nécessaire mais suffisante pour qu'une* S *soit dégénérée, est qu'on puisse trouver sur elle sept droites concourantes.* Ce résultat permet d'énoncer la proposition comme suit :

Théorème. — *Toute surface du troisième ordre ayant exactement* $n = 0$, 1, 2, 3, 4 *points irréguliers et sur laquelle on ne peut trouver sept droites concourantes, possède au plus* $N = (1/2)(n^2 - 13n + 54)$ *droites distinctes;*

si le maximum N *est atteint, les droites sont celles (réelles) d'une surface du troisième degré unique.*

Si $n = 3$ *ou* 4, *la condition relative aux sept droites concourantes est inutile.*

3. L'irrégularité est une anomalie locale, mais qui fait intervenir globalement S. Dans un Mémoire de 1952 (7), j'ai appelé *point singulier* tout point isolé, ou dont le voisinage sur S est contenu dans le faisceau des tangentes (ou paratingent) au point considéré, après avoir constaté que c'était une caractéristique locale des points singuliers réels d'une surface du troisième degré. Contrairement à ce qui se passe pour ces surfaces, une S peut avoir des points à la fois réguliers et singuliers. Presqu'à eux seuls les résultats du Mémoire permettent d'affirmer qu'on peut substituer, dans l'énoncé du théorème, le mot *singulier* à celui de *irrégulier.* La seule différence est que *la condition de non dégénérescence est nécessaire seulement si* $n = 1$ ou 2.

En fait, l'énoncé primitif est d'une utilisation plus facile car, pour savoir si un point régulier est singulier, il faut être très renseigné localement sur S en ce point. Il est vrai que la connaissance d'un seul point régulier-singulier est très riche de conséquences (*cf.* Mémoire cité, n° 13).

4. Les valeurs successives de N pour $n = 0, 1, 2, 3, 4$, sont : 27, 21, 16, 12, 9. Ce sont celles qu'on trouve en étudiant les différents cas. Les conclusions qu'on obtient sont plus larges que celles résumées dans l'énoncé général. J'en signalerai seulement deux.

I. Si $n = 4$, la borne $N = 9$ est atteinte sous la seule condition que S ne possède aucun point isolé. C'est le résultat que j'avais communiqué au Congrès d'Amsterdam (8), généralisant ainsi une proposition de C. Juel, lequel avait établi qu'une « surface élémentaire du troisième ordre avec quatre points doubles coniques » possède neuf droites (9), sans remarquer toutefois qu'elles déterminent une surface du troisième degré.

II. Si $n = 0$, il suffit que S possède au moins huit droites pour qu'elle en possède nécessairement : soit 15, soit 27, lesquelles sont dans chacun des cas sur une surface du troisième degré (unique) dont les droites réelles sont celles de S.

J'ajouterai en terminant que pour toute valeur de n, il est possible, quand la borne N est atteinte, de déterminer des régions où S admet nécessairement un plan tangent continu (comme je l'ai signalé, pour $n = 4$, dans la communication d'Amsterdam).

(*) Séance du 5 décembre 1962.
(1) C. JUEL, *Math. Ann.*, 76, 1915, p. 548-574.
(2) A. MARCHAUD, *J. Math. pures et appl.*, 18, 1939, p. 323-362.
(3) M., n° 6.
(4) M., n° 13.
(5) M., n° 14.
(6) M., n° 11.
(7) A. MARCHAUD, *J. Math. pures et appl.*, 31, 1952, p. 319-340.
(8) A. MARCHAUD, *Proc. intern. Congress of Math.*, 2, 1954.
(9) C. JUEL, *Math.-Fysiske Medd. af det Kgl. Danske Vidensk. Selsk.*, 3, n° 6, 1920.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *A propos de la dérivation d'une formule expérimentale.* Note (*) de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Henri Villat.

Pour calculer la dérivée d'une loi expérimentale, la méthode à ne pas employer consiste à chercher une formule représentative dont on prend algébriquement la dérivée, ce qui est particulièrement répréhensible si la représentation est polynomiale. Dans ce cas, en effet, la dérivation fait disparaître le terme constant, ce qui est dans l'ordre; mais ce terme est l'un des caractères par lesquels on rend compte d'une complexité; cela fera donc un caractère de moins que pour la loi originale : or la dérivée d'une loi physique n'a aucune raison d'être plus simple qu'elle (en général). La dérivation peut bien faire disparaître une translation, elle ne peut simplifier si, comme nous le disions dans une Note précédente ([1]), un polynome du second degré est souvent une représentation satisfaisante d'un arc expérimental, il ne faut pas qu'une dérivée soit représentée par une expression de degré moindre; on devra donc la rattacher à une loi du troisième degré $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$; mais pour ne pas avoir (*loc. cit.*) à déterminer quatre coefficients, ce qui serait très peu précis, on détermine au préalable le coefficient D comme il va être indiqué. Après quoi, le polynome du troisième degré n'ayant plus que trois coefficients inconnus, on cherchera, selon notre méthode habituelle (*loc. cit.*) la meilleure détermination du coefficient C, si c'est la dérivée en $x = 0$ qu'on désire connaître.

Afin de nous réserver la possibilité d'un contrôle nous avons construit, selon une procédure connue, une donnée expérimentale artificielle y, au moyen des valeurs numériques de l'exponentielle $10^{2+x/100} - 80$, x recevant les valeurs entières successives et y étant remplacé par le nombre entier le plus voisin. On obtient ainsi le document ci-après, comportant 40 points :

x	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
y	20	22	25	27	30	32	35	37	40	43	46	49	52	55
x	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
y	58	61	65	68	71	75	78	82	86	90	94	98	102	106
x	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39		
y	111	115	120	124	129	134	139	144	149	155	160	165		

Nous nous attendons à trouver 2,302 pour dérivée en $x = 0$, et 0,00265 pour dérivée seconde en ce point.

Comme nous l'avons dit, nous commencerons par déterminer D, considéré comme terme constant du polynome $Bx^2 + Cx + D$, auquel nous réduisons la loi du troisième degré pour les 20 premiers points. D sera ainsi très bien connu. L'étude théorique du polynome du second degré montre que D est connu avec le plus de sécurité si cet intervalle de 20 points

est réparti en trois sous-intervalles, comprenant respectivement 10, 6 et 4 points, et le long desquels on identifie la valeur moyenne de la donnée et de la loi représentative. On trouve ainsi D = 20,06.

Connaissant D nous allons (*loc. cit.*) chercher C au mieux. Allégeons l'écriture en prenant l'intervalle expérimental pour unité. Pour dégrossir, supposons infiniment grand le nombre des points, de sorte que les sommes d'ordonnées se ramènent à des intégrales. S, S′, S″ étant les intégrales expérimentales prises respectivement de 0 à α, de α à β, de β à 1, on a A, B, C par les équations

$$\text{(I)}\qquad \left\{\begin{aligned} &A\frac{\alpha^4}{4}+B\frac{\alpha^3}{3}+C\frac{\alpha^2}{2}=S-D\alpha,\\ &A\frac{\beta^4-\alpha^4}{4}+B\frac{\beta^3-\alpha^3}{3}+C\frac{\beta^2-\alpha^2}{2}=S'-D(\beta-\alpha),\\ &A\frac{1-\beta^4}{4}+B\frac{1-\beta^3}{3}+C\frac{1-\beta^2}{2}=S''-D(1-\alpha).\end{aligned}\right.$$

On trouve, en résolvant

$$\frac{C}{2}=\frac{(\alpha+\beta)^2+\alpha\beta(\alpha+\beta)+\alpha^2\beta^2}{\alpha^2\beta^2}S-\alpha\frac{\beta^3+(1-\alpha)(1+\beta+\beta^2)}{\beta^2(1-\alpha)(\beta-\alpha)}S'+\frac{\alpha\beta}{(1-\alpha)(1-\beta)}S''-D\frac{\alpha+\beta+\alpha\beta}{\alpha\beta}.$$

On doit écrire (*loc. cit.*) que les coefficients de S, S′, S″ sont les mêmes en valeur absolue, ce qui donne

$$\alpha=0,523\,4,\qquad \beta=0,885\,9.$$

Nous voyons ainsi qu'il faut prendre $0,523\,4\times 40\simeq 21$ points dans le premier sous-intervalle, $0,885\times 40\simeq 14$ dans le second, et donc 5 dans le troisième. Nous recommençons le calcul en tenant compte du caractère fini de ces trois nombres. Les trois sommes d'ordonnées sont respectivement $S=989$, $S'=1530$, $S''=773$. La résolution donne alors

$$C=6,372\,4-0,203\,22\,D,$$

soit C = 2,296 au lieu de la valeur exacte 2,302.

Cherchons aussi la dérivée seconde en $x=0$. Elle est donnée par 2B. La résolution du système (I) orientée par la recherche de B montre que la solution optimale est obtenue pour $\alpha=1/2$ et $\beta=\sqrt{3}/2$. On conduira donc le calcul en prenant, dans les trois sous-intervalles, respectivement 20, 15 et 5 points. Le calcul donne alors

$$B=-0,170\,180+0,009\,868\,8\,D,$$

soit 2B = 0,002 68, au lieu de la valeur exacte 0,002 65.

Ces résultats sont excellents (les points expérimentaux n'étaient pas en trop grand nombre).

Si l'on avait voulu déterminer (*loc. cit.*) simultanément les quatre coefficients D, C, B, A dans ce qui paraît être alors les meilleures conditions, soit, comme le montre la théorie du troisième degré [2], avec la partition 12-14-10-4 pour D, 10-12-13-5 pour C, on aurait trouvé $D = 19{,}61$, $C = 3{,}58$, ce qui est insuffisamment précis pour D et très mauvais pour C. C'est qu'il est difficile de déterminer quatre coefficients.

Si l'on avait cherché la dérivée comme le coefficient C du polynome du second degré seulement $Bx^2 + Cx + D$, on aurait trouvé, pour cette dérivée en $x = 0$, la valeur moins mauvaise $C = 1{,}95$, ce qui montre que le pire obstacle dans la détermination des formules représentatives de l'expérience est le nombre notable des coefficients à déterminer simultanément.

Nous voyons que, moyennant la détermination préalable, sur intervalle réduit et avec formule allégée, du coefficient D, le mieux connu, les deux premières dérivées (en $x = 0$) de la loi du troisième degré $Ax^3 + Bx^2 + Cx + D$ sont connues avec une bonne précision.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 255, 1960, p. 2705.

(2) *Publ. scient. et techn. Min. Air*, série grise, n° 271, § 3.21.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Quelques remarques sur la théorie des ondes de surface non « infiniment petites ». Équation de l'état de surface de la mer dans le cas où de grandes vagues en détruisent de plus petites.* Note (*) de M. **Matthias Matschinski**, présentée par M. Henri Villat.

Dans la Note précédente ([1]) on a décrit le phénomène de destruction d'ondes relativement petites par d'autres relativement grandes qui les ont devancées, phénomène établi à partir des observations sur l'état de la surface de la mer près des côtes. Sur cette base on construit ici une équation différentielle caractérisant la présence de vagues sur la surface de la mer agitée et l'on en tire quelques conséquences mathématiques.

1. Le phénomène dit de superposition est bien connu pour les oscillations, les ondes, etc. « infiniment petites » ou assimilables à celles-ci. Ici le passage d'une onde ne change rien dans l'état de l'autre : les deux mouvements sont additifs. On a souvent étendu ce phénomène de superposition à des mouvements difficilement descriptibles par le schéma des « infiniment petits », par exemple à des ondes d'amplitudes assez considérables. Sans nier l'existence de la superposition dans tous les cas de ce type — ces cas étant trop nombreux et trop variés — le fait expérimental est que, pour les ondes pas trop petites de la surface de la mer agitée, c'est un tout autre phénomène qui a lieu : le phénomène de la suppression pure et simple de l'onde plus faible par l'onde plus puissante qui devance la première.

Il est très facile d'observer ce phénomène pour les ondes arrivant sur une côte. La figure 4 de la Note citée ([1]) représente la position de l'onde la plus proche de la côte en fonction du temps. Dès qu'une onde en s'affaiblissant meurt (par exemple au point a), le graphique donne la position de la suivante (point b) qui devient la plus proche ici, etc. Cette image se répète d'une manière assez analogue pour des pentes de fond très variées à l'exception évidemment des pentes trop abruptes. Étant donné que la vitesse de ces ondes dépend de leur amplitude, le phénomène du devancement des ondes plus fortes se produit de lui-même, il en découle la suppression des plus faibles. La méthode des observations ainsi que leur détail géographique et morphologique sont décrits dans la Note précédente ([1]). Ici on prendra le phénomène comme *hypothèse de base*, et l'on regardera comment il faut construire l'équation caractérisant la présence de vagues sur la surface agitée de la mer en se basant sur cette suppression. Son mécanisme est très facile à expliquer en partant des trajectoires circulaires de particules en mouvement. Toutefois on ne le considérera pas ici.

2. L'équation du changement du nombre spécifique des ondes (des vagues) sur la surface agitée de la mer est très facile à établir par le raisonnement classique en n'ajoutant qu'un terme supplémentaire exprimant le phénomène en question. Indiquons le nombre spécifique de vagues (en un point x, y) ayant leur amplitude entre a et $a + da$ par $q(x, y, t, a)da$

où x, y sont les coordonnées et t le temps. Le nombre total de toutes les vagues en ce point x, y sera évidemment : $Q = \int q\,da$, où a_0 est la plus petite d'amplitude des vagues considérées; l'intégration jusqu'à l'infini est naturellement conventionnelle. Étant donné le phénomène décrit dans le paragraphe 1, le nombre des vagues perdues (supprimées) dépendra du nombre de vagues ayant des vitesses (et des amplitudes) plus élevées. On posera — l'hypothèse linéaire est toujours la plus simple — qu'il est proportionnel à ces dernières : $b \int q\,da$. Ainsi pour obtenir l'équation cherchée il faut introduire ce dernier terme dans l'équation classique de conservation

$$(1) \qquad \frac{\partial q}{\partial t} = \operatorname{grad}(q\vec{v})$$

(où v est la vitesse de la vague et u, v ses composantes dont les directions positives sont *inverses* à celles des coordonnées). On aura

$$(2) \qquad \frac{\partial q}{\partial t} = -b \int^{\infty} q\,da + \operatorname{grad}(q\vec{v}), \qquad \frac{\partial q}{\partial t} = -b \int^{\infty} q\,da + \frac{\partial (uq)}{\partial x}$$

(première forme pour le cas général, deuxième pour le cas unidimensionnel : $v = 0$). On peut introduire dans (2) d'autres pertes de q que celles exprimées par le deuxième terme; il semble cependant qu'elles sont négligeables en comparaison avec celui-ci. Dans certains endroits il faut évidemment introduire dans (2) un terme décrivant la création de nouvelles vagues par le vent et d'autres facteurs. Il est évident aussi que (2) n'est valable que dans le domaine où l'hypothèse de base (*voir* § 1) est valable, ce qui ne se produit pas partout.

3. L'ancienne expérience montre que l'état d'agitation de la surface de la mer, quoique fonction du temps, ne varie qu'au bout de plusieurs heures, et ceci dans le cas des changements les plus rapides. Pour la durée des observations des ondes arrivant sur la côte [*voir* [1]] — quelques minutes — cet état est pratiquement stable. Ainsi on peut admettre la même stabilité pour sa caractéristique q et écrire

$$(3) \qquad -b \int q\,da + \frac{\partial (uq)}{\partial x} = 0; \qquad bq + \frac{\partial^2 (uq)}{\partial a\,\partial x} = 0,$$

(se bornant au cas unidimensionnel). Toute solution de [(3) droite] n'est pas en général solution de [(3) gauche] et encore faut-il ne pas oublier que q pour $u \to \infty$ doit atteindre zéro (il n'y a pas de vagues à la vitesse infinie). Commençons par le cas limite où $u = ca$, et où c ne dépend pas de x. Ici les solutions élémentaires trigonométriques de [(3) droite] sont à éliminer et il ne nous reste que des solutions élémentaires exponentielles

$$(4) \qquad q = C_1 \exp\left[-\left(\frac{b + cn}{cn}\right)\ln a + nx\right], \qquad Q = C_2 \exp(+nx),$$

où n est un nombre arbitraire. Dans le cas plus général, où des deux hypothèses amenant à (4), on ne conserve que la première ($u = ca$), mais où on laisse généralement c égal à une fonction de x [$c = c(x)$], on a

$$(5) \quad q = C_3 \frac{1}{c(x)} \exp\left[-\left(\frac{b+n}{n}\right)\ln a + n\int\frac{dx}{c(x)}\right], \qquad Q = C_4 \frac{1}{c(x)} \exp\left(+n\int\frac{dx}{c(x)}\right);$$

parce que la méthode de Fourier est ici encore applicable. La solution générale à laquelle on peut arriver à partir de (5) sera exposée ailleurs.

4. Théoriquement il n'y a rien de difficile à revenir au cas le plus général de $u(a, x)$ non linéaire par rapport à ses deux arguments. Cependant on perdra vite la possibilité d'une interprétation aisée. Il faut rappeler à cette occasion que u dépend de a et de x de façon essentiellement différente. La première dépendance exprime une loi physicomécanique générale, la deuxième décrit les conditions locales. C'est pourquoi il faut conserver les mains libres précisément pour la deuxième afin de pouvoir décrire les cas concrets de telle ou telle autre côte, tandis que pour la première on peut toujours être satisfait par n'importe quelle approximation, même linéaire. Et c'est pourquoi on peut considérer le degré de généralité de la deuxième solution [c'est-à-dire (5)] suffisant pour les buts d'application.

En fin de compte $c(x)$ n'est autre chose que l'expression mathématique du changement de profondeur en s'éloignant de la côte. Si, par exemple, on pren de $(x) = [\exp(kx) - 1]/\exp(kx)$ (où la côte correspond à $x = 0$ et la profondeur est exprimée dans des unités telles que le multiplicateur soit 1), on trouve

$$(6) \quad q = C_3 a^{-\left(\frac{b}{n}+1\right)} e^{kx}(e^{kx} - 1)^{\frac{n}{k}-1}, \qquad n > k \text{ (phénomène du « tamisage »)}.$$

On voit ainsi qu'au moins près de la côte et là où k est petit et les pentes faibles, q est petit et *vice versa*. Le « tamisage » des vagues près de la côte est un phénomène réellement observé [*cf.* (1)]. Ce tamisage et notamment son indice mathématique (par exemple la grandeur k) peuvent nous servir pour la caractéristique des côtes [*fig.* 3 de la Note (1)]. Cette application de notre simple théorie n'est point la seule, il y en a plusieurs autres : détermination de l'état d'agitation de la mer au large à partir des observations sur la côte, etc.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 3007.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur l'étude théorique et expérimentale des phénomènes d'orientation présentés par une suspension lamellaire dans un écoulement de Stokes.* Note (*) de M. **Joseph-Maurice Bourot**, Mme **Madeleine Coutanceau** et M. **Jean-Jacques Moreau**, présentée par M. Henri Villat.

En appliquant une théorie précédemment exposée, les auteurs calculent l'orientation de lamelles mises en suspension dans l'écoulement, axisymétrique et méridien, d'un fluide visqueux incompressible autour d'une sphère; ils déterminent la proportion des lamelles visibles, à l'infini aval, en fonction de la distance à l'axe; ils obtiennent une confirmation expérimentale satisfaisante.

Dans une Note précédente ([1]), nous avons étudié, par voie théorique, comment évolue l'orientation d'une particule solide lamellaire, mise en suspension dans un écoulement stationnaire méridien de fluide incompressible. Lorsque la lamelle passe d'une position P_1 à une position P_2 sur sa trajectoire Λ, l'évolution d'un vecteur normal à cette lamelle est définie par une transformation linéaire $\vec{\varphi}_2 = \mathcal{L}(\vec{\varphi}_1)$. Le calcul des neuf coefficients de la transformation $\mathcal{L}$ repose sur celui d'une intégrale curviligne I. Nous avons procédé à la détermination numérique de I dans le cas de l'écoulement d'un liquide parfaitement visqueux, s'étendant à l'infini, autour d'une sphère (écoulement de Stokes). Si D représente le diamètre de la sphère les autres notations restant celles de la Note précédente, l'intégrale I s'écrit

$$I = -\int_{P_1}^{P_2} \frac{1}{V^2}\left(\frac{3\,DU}{8\,V(r^2+z^2)^{\frac{3}{2}}\sin\alpha}\,\frac{d\alpha}{r}\right).$$

Nous pouvons alors interpréter et prévoir les phénomènes observés lorsqu'on visualise un tel écoulement par des particules d'aluminium en suspension : bien que la richesse de la suspension soit sensiblement uniforme dans toute l'étendue du champ, les particules sont inégalement visibles selon la région de l'écoulement. Une lamelle d'aluminium, parvenue au point P_2 de sa trajectoire, est visible, pour l'observateur ou l'appareil de prise de vue, si la normale au plan de cette lamelle est contenue dans un certain cône Γ, à peu près de révolution : il faut et suffit pour cela que, dans la position antérieure P_1, la normale ait appartenu à $\mathcal{L}^{-1}(\Gamma)$, cône antécédent de Γ pour la transformation $\mathcal{L}$. On peut en particulier prendre P_1 à l'infini amont sur la trajectoire Λ. Dans l'hypothèse qu'à l'infini amont la distribution directionnelle des particules est isotrope, on calcule alors la probabilité pour qu'une particule, parvenue en P_2, soit visible : au facteur $1/4\pi$ près, cette probabilité est égale à l'angle solide du cône $\mathcal{L}^{-1}(\Gamma)$, lequel est un cône du second ordre dont on peut déterminer graphiquement l'angle solide.

Les calculs ont été spécialement développés en prenant P_2 à l'infini aval sur la courbe Λ. Nous avons ainsi obtenu la proportion des lamelles visibles à la distance r de l'axe $\overrightarrow{Oz}$ de l'écoulement; nous avons également déterminé les corrections à introduire, lorsqu'on utilise un « plan lumineux » d'épaisseur non très petite, et aussi celles qui résulteraient d'un éventuel décentrement de ce plan lumineux, par rapport à l'axe de l'écoulement.

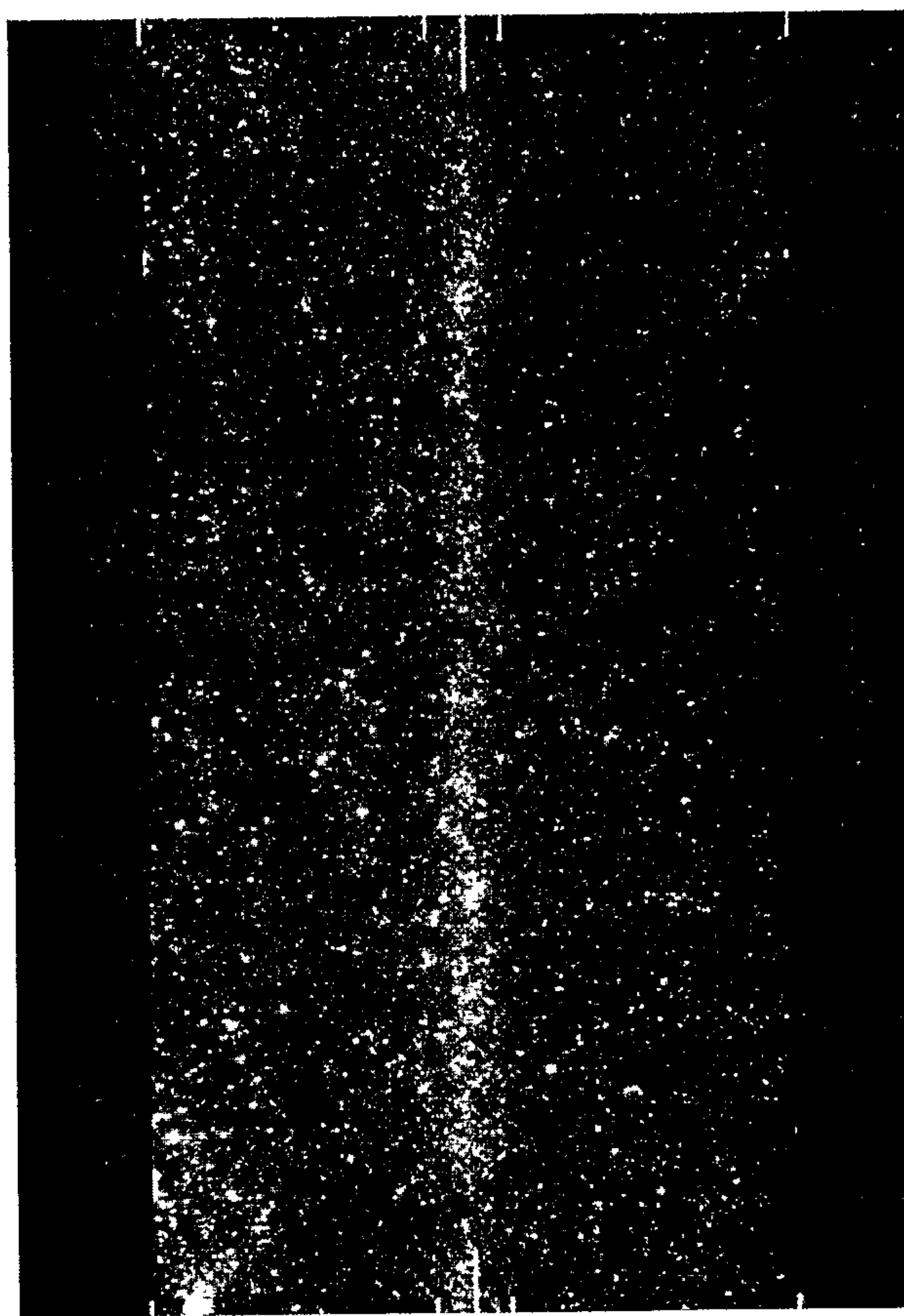


Fig. 1. — Plan lumineux centré.

Enfin, nous avons réalisé un dispositif expérimental, permettant la chute lente d'une sphère dans un long tube contenant de la glycérine. Le diamètre du tube étant grand devant celui de la sphère, il paraît légitime d'admettre que nos calculs s'appliquent convenablement à ce cas, au moins dans la région de l'écoulement la plus proche de l'axe. Les conditions « aval » se trouvent réalisées après la chute de la sphère.

La confirmation expérimentale est satisfaisante. Les clichés montrent bien que la proportion des particules visibles varie beaucoup suivant la distance à l'axe : le phénomène atteint son maximum au voisinage même de l'axe, où se dessine une bande de grande richesse, laquelle

s'écarte de l'axe lorsque se décentre le plan lumineux. Les inégalités locales traduisent le fait que la répartition initiale (répartition « amont »)

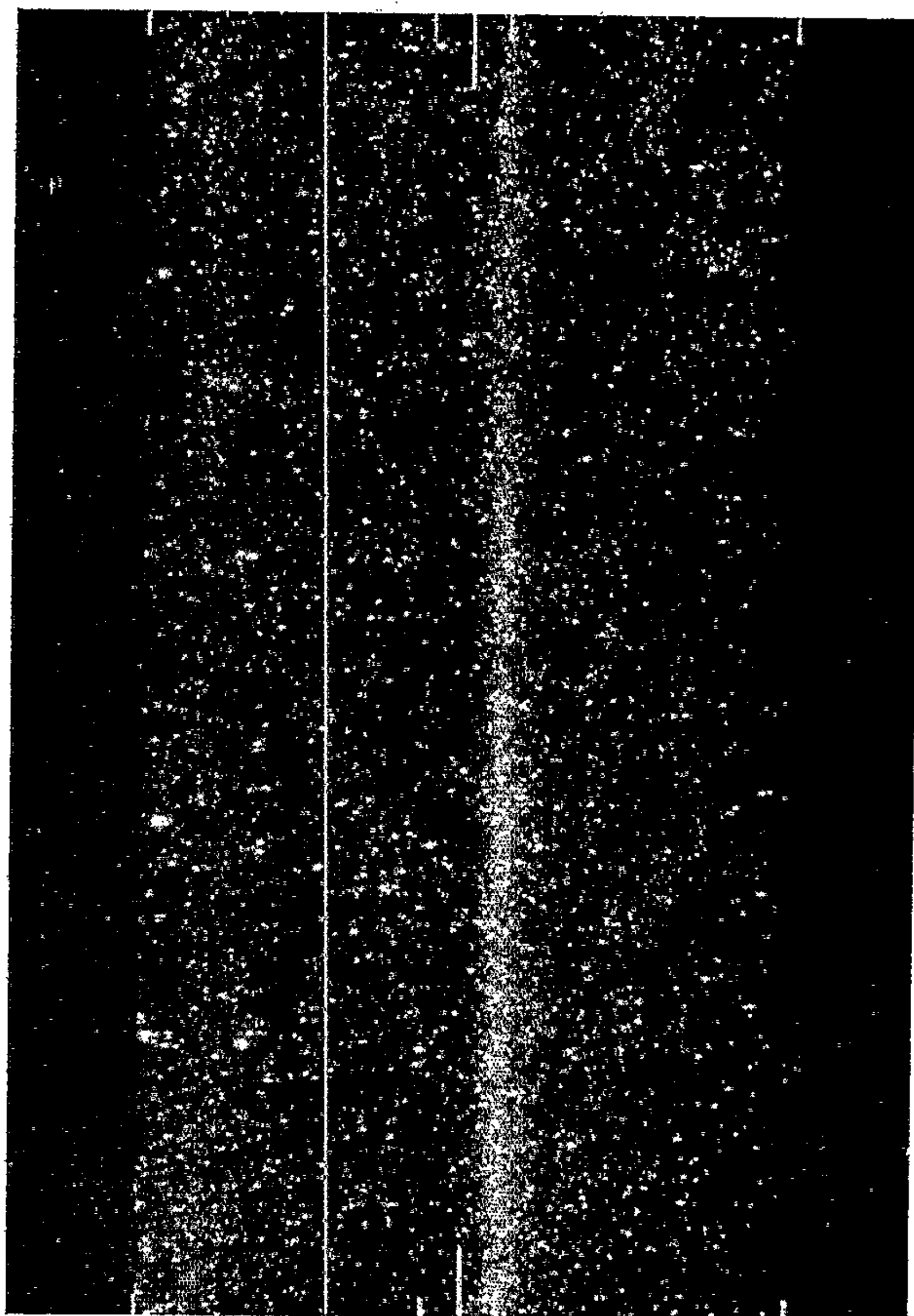


Fig. 2. — Plan lumineux décentré.

n'était pas parfaitement uniforme : les courants de convection, en effet, sont très difficiles à éviter et provoquent par eux-mêmes des phénomènes d'orientation secondaires.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) J. M. Bourot et J. J. Moreau, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1029.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Remarques géométriques sur la répartition des vitesses d'un écoulement uniforme plan indéfini à potentiel des vitesses après l'introduction d'un cylindre de perméabilité différente.* Note (*) de MM. **Jean Meric** et **Christian Truchasson**, transmise par M. Léopold Escande.

1. Cas d'un cylindre infiniment plus perméable que le milieu ambiant. — A. *Construction géométrique à la règle et au compas des lignes de courant :*

$$V_0 = -\frac{i_0}{\gamma_0}\rho\cos\theta$$

avant l'introduction du cylindre de centre O et de rayon a;

$$V_1 = -\frac{i_0}{\gamma_1}\rho\cos\theta + \frac{i_0}{\gamma_1}\frac{a^2}{\rho}\cos\theta$$

dans le milieu perturbé (1).

Soit y_∞ l'ordonnée de l'asymptote à la ligne de courant (y_∞)

$$(y_\infty) \qquad y_\infty = \left(\rho + \frac{a^2}{\rho}\right)\sin\theta.$$

Ces courbes (*fig.* 1) sont à une rotation de $\pi/2$ près les équipotentielles de l'écoulement autour d'un cylindre imperméable. Cherchons le point M sur $O\mu$ d'argument θ, appartenant à la ligne de courant (y_∞). Menons la droite (Δ) d'argument nul dont l'ordonnée à l'origine est $y_\infty/2$. $O\mu$ rencontre (Δ) en Ω. Soit $\nu\nu'$ le diamètre du cercle (O; a) perpendiculaire à $O\mu$. De ν menons la parallèle $\nu\mu'$ à $O\mu$. La projection orthogonale de Ω sur $\nu\mu'$ est Ω'. Le point M cherché est le point d'intersection, extérieur au cercle (O; a), de $O\mu$ avec le cercle de centre Ω' et de rayon $\Omega'\nu$. Le deuxième point d'intersection est m.

Tangente au point courant

$$\vec{i}_1 = \vec{i}_0 + \overrightarrow{\Delta i}, \qquad \text{où} \quad \overrightarrow{\Delta i} = i_0\frac{a^2}{\rho^2}e^{2i\theta}.$$

Comme a^2/ρ n'est autre que Om, on trace aisément $\overrightarrow{TM}$ à la règle et au compas en prenant $|\vec{i}_0| = \rho$ (M).

B. *Construction géométrique à la règle et au compas des courbes isovitesses* (Λ) *et leurs orthogonales* (K) :

$$|\vec{i}| = \text{Cte}$$

donne

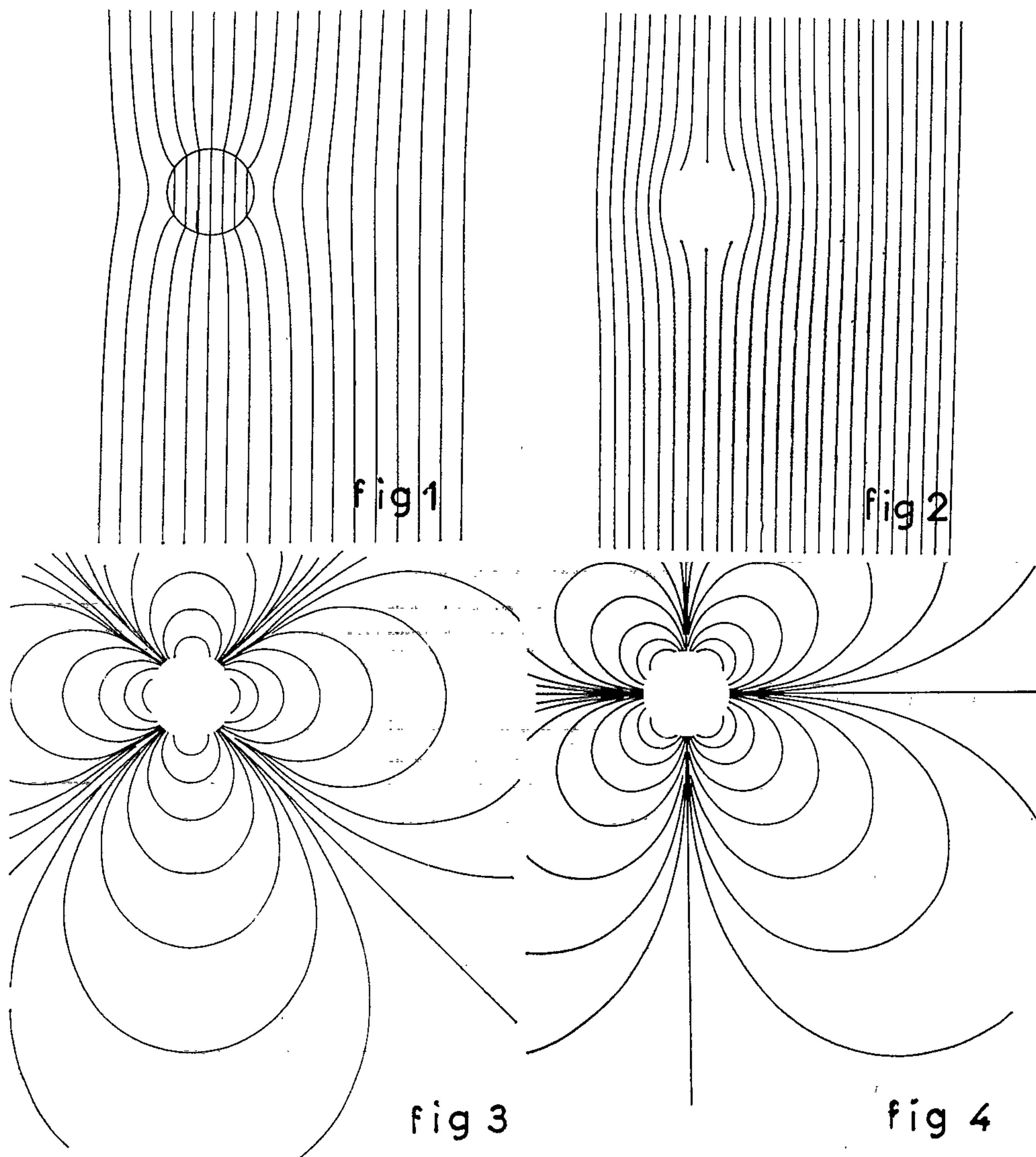
$$(\Lambda) \qquad \lambda = \frac{2a^2}{\rho^2}\cos 2\theta + \frac{a^4}{\rho^4},$$

où λ est un paramètre qui caractérise l'isovitesse considérée.

La transformation $R = \rho^2$ et $\varphi = 2\theta$ transforme (Λ) en (L) :

$$\text{(L)} \qquad \lambda = \frac{2a^2}{R}\cos\varphi + \frac{a^4}{R^2},$$

(L) est l'équation du cercle de centre $(a^2/\lambda; 0)$ et de rayon $a^2\sqrt{1+\lambda}/\lambda$.



La construction géométrique mentionnée dans une Note précédente [1] s'applique. Remarquons que les courbes (Λ) sont déduites des courbes (ε) par une rotation de $+\pi/2$ autour de l'origine.

Il en est de même des courbes orthogonales (K) d'équation

$$\text{(K)} \qquad \rho^2 - a^2\cos 2\theta + \lambda' a^2 \sin 2\theta = 0,$$

2. Cas d'un cylindre de perméabilité quelconque :

$$V_1 = -\frac{i_0}{\gamma_1}\left(\rho\cos\theta - \frac{\gamma_2-\gamma_1}{\gamma_2+\gamma_1}\frac{a^2}{\rho}\cos\theta\right)$$

dans le milieu perturbé (1);

$$V_2 = -\frac{2i_0}{\gamma_2+\gamma_1}\rho\cos\theta.$$

dans le cylindre (2).

L'équation des lignes de courant est (y_∞) dans le milieu perturbé (1).

$$(y_\infty) \qquad y_\infty = \left(\rho + \frac{\gamma_2-\gamma_1}{\gamma_2+\gamma_1}\frac{a^2}{\rho}\right)\sin\theta$$

Suivant que $\gamma_2 > \gamma_1$ ou que $\gamma_2 < \gamma_1$, on pose

$$\frac{\gamma_2-\gamma_1}{\gamma_2+\gamma_1}a^2 = b^2 \quad \text{ou} - b^2.$$

L'équation (y_∞) devient

$$y_\infty = \left(\rho \pm \frac{b^2}{\rho}\right)\sin\theta.$$

Les lignes de courant dans le milieu (1) sont les lignes de courant extérieures au cercle de centre O et de rayon a, obtenues dans le cas d'un écoulement uniforme où l'on a introduit un cylindre imperméable de rayon b (si $\gamma_2 < \gamma_1$) (*fig.* 2) ou un cylindre infiniment perméable de rayon b (si $\gamma_2 > \gamma_1$). Les courbes isovitesses (*fig.* 3) (comme leurs courbes orthogonales) (*fig.* 4) d'équation

$$|\vec{i}| = i_0\left|\left(1 \pm \frac{b^2}{\rho^2}e^{2i\theta}\right)\right| = \text{Cte}$$

sont donc les parties extérieures au cercle de centre O et de rayon a des courbes obtenues en prenant pour cercle de base le cercle de centre O et de rayon b. Toutes les constructions géométriques correspondantes, à la règle et au compas, sont mentionnées soit ci-dessus, dans le cas où $\gamma_2 > \gamma_1$, soit dans la Note précédemment citée, dans le cas où $\gamma_2 < \gamma_1$.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) J. Meric et Ch. Truchasson, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2364.

MÉCANIQUE DES FLUIDES. — *Sur les conditions d'application de la loi de Poiseuille en régime variable.* Note (*) de M. **Jean-Laurent Peube**, transmise par M. Léopold Escande.

Dans le cas de l'écoulement laminaire dans un tube cylindrique de révolution, on sait que la vitesse $u(r, t)$ vérifie l'équation aux dérivées partielles (le fluide étant supposé incompressible) :

$$\nu\left[\frac{\partial^2 u}{\partial r^2}+\frac{1}{r}\frac{\partial u}{\partial r}\right]-\frac{\partial u}{\partial t}=\frac{1}{\rho}\frac{\partial p^*}{\partial x}, \tag{1}$$

où r désigne la distance à l'axe du tube, t le temps, ν et ρ respectivement la viscosité cinématique et la masse volumique du fluide, p^* la pression motrice et x l'abscisse suivant l'axe du tube.

On sait en outre que $(1/\rho)(\partial p^*/\partial x)$ n'est fonction que de t, soit

$$\frac{1}{\rho}\frac{\partial p^*}{\partial x}=f(t). \tag{2}$$

Supposons que $f(t)$ soit indéfiniment dérivable pour $t>0$ et cherchons une solution particulière de l'équation (1) ayant la forme suivante :

$$u(r, t)=P_0(r)f(t)+P_1(r)f'(t)+\ldots+P_n(r)f^{(n)}(t)+\ldots, \tag{3}$$

où $P_0(r)$, $P_1(r)$, ..., $P_n(r)$, ... sont des fonctions inconnues.

La vitesse $u(r, t)$ devant être nulle à chaque instant sur la paroi du tube, soit $u(R, t)=0$ (R, rayon du tube), nous imposerons les conditions suivantes :

$$P_0(R)=P_1(R)=\ldots=P_n(R)=\ldots=0. \tag{4}$$

La solution (3), lorsqu'elle existera, sera valable pratiquement dès que les termes transitoires introduits par les conditions initiales qui sont en $e^{-m(\nu t/R^2)}$ par rapport au temps (m entier positif) seront suffisamment faibles, c'est-à-dire après un temps t_1 grand devant R^2/ν.

En reportant l'expression (3) dans l'équation (1) il vient

$$\left[\nu\left(P''_0+\frac{1}{r}P'_0\right)-1\right]f(t)+\left[\nu\left(P''_1+\frac{1}{r}P'_1\right)-P_0\right]f'(t)+\ldots$$
$$+\left[\nu\left(P''_n+\frac{1}{r}P'_n\right)-P_{n-1}\right]f^{(n)}(t)+\ldots=0.$$

Les fonctions $P_n(r)$ sont alors définies par les relations de récurrence :

$$\left\{\begin{array}{l}\nu\left(P''_0+\frac{1}{r}P'_0\right)=\frac{\nu}{r}\frac{d}{dr}(rP'_0)=1,\\ \nu\left(P''_1+\frac{1}{r}P'_1\right)=\frac{\nu}{r}\frac{d}{dr}(rP'_1)=P_0,\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots,\\ \nu\left(P''_n+\frac{1}{r}P'_n\right)=\frac{\nu}{r}\frac{d}{dr}(rP'_n)=P_{n-1},\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\end{array}\right. \tag{5}$$

En tenant compte des conditions (4), les relations (5) se transforment sous forme intégrale

$$(6)\quad \begin{cases} P_0(r)=\displaystyle\int_R^r \frac{1}{\xi}\left[\int_0^\xi \frac{\eta}{\nu}\,d\eta\right]d\xi=\frac{r^2-R^2}{4\nu}, \\ P_1(r)=\displaystyle\int_R^r \frac{1}{\xi}\left[\int_0^\xi \frac{\eta P_0(\eta)}{\nu}\,d\eta\right]d\xi=\frac{1}{16\nu^2}\left(\frac{r^4}{4}-R^2r^2+\frac{3R^4}{4}\right), \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots, \\ P_n(r)=\displaystyle\int_R^r \frac{1}{\xi}\left[\int_0^\xi \frac{\eta P_{n-1}(\eta)}{\nu}\,d\eta\right]d\xi, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots \end{cases}$$

De (6) il résulte que la fonction $P_n(r)$ est un polynome en r de degré $2n+2$. On notera que $P_0(r)$ correspond à la répartition parabolique des vitesses obtenue en régime permanent.

Condition suffisante de convergence de la série (3). — Soit $A_{n-1}=\sup|P_{n-1}(r)|$ la borne supérieure de $|P_{n-1}|$. Les équations (6) donnent

$$|P_n(r)|<\int_r^R \frac{1}{\xi}\left[\int_0^\xi \frac{\eta A_{n-1}}{\nu}\,d\eta\right]d\xi=\frac{A_{n-1}(P^2-r^2)}{4\nu}<\frac{A_{n-1}R^2}{4\nu},$$

soit

$$\sup|P_n(r)|<\frac{R^2}{4\nu}\sup|P_{n-1}(r)|.$$

Par récurrence nous aurons

$$\sup|P_n(r)|<\left(\frac{R^2}{4\nu}\right)^n\sup|P_0(r)|=\left(\frac{R^2}{4\nu}\right)^{n+1}.$$

La série (3) sera donc convergente si la série de terme général $(R^2/4\nu)^{n+1}\sup|f^{(n)}(t)|$ converge ($\sup|f^{(n)}(t)|$ désignant la borne supérieure de $|f^{(n)}(t)|$.

Application à la mesure des débits. — Le débit volumique q_v est donné par

$$q_v=\int_0^R 2\pi r u\,dr=2\pi\left[f(t)\int_0^R rP_0(r)\,dr+f'(t)\int_0^R rP_1(r)\,dr+\dots + f^{(n)}(t)\int_0^R rP_n(r)\,dr+\dots\right].$$

Pratiquement, si l'on dispose d'un enregistrement de la perte de charge entre deux sections en fonction du temps on représentera $(1/\rho)(\partial p^*/\partial x)$ par un polynome en t de degré convenable (ou par une fonction appropriée), et l'on utilisera les formules ci-dessus, en prenant dans la série (3) un nombre de termes suffisant pour que le reste de la série soit inférieur aux incertitudes de mesure.

Cas d'une pression variant linéairement en fonction du temps. — Nous aurons alors $f^{(n)}(t) = 0$ pour $n \geqq 2$. Le débit est alors donné par

$$q = f(t)\int_0^R 2\pi r P_0(r)\,dr + f'(t)\int_0^R 2\pi r P_1(r)\,dr = -\frac{R^4}{8\nu}f(t) + \frac{R^6}{48\nu^2}f'(t),$$

soit

$$q = -\frac{\pi R^4}{8\nu}f(t)\left[1 - \frac{R^2}{6\nu}\frac{f'(t)}{f(t)}\right].$$

Par exemple, pour un tube de rayon $R = 0{,}1$ cm dans lequel s'écoule de l'eau ($\nu = 0{,}01$ cm²/s), l'écart par rapport au débit donné par la formule de Poiseuille est égal à 1 % en valeur relative, lorsque pendant une seconde la variation relative de perte de charge est égale à 6 %.

En tenant compte de ce que $f(t)$ est une fonction linéaire, le volume V de fluide qui s'est écoulé entre les instants t_1 et t_2 s'écrit

$$V = \int_{t_1}^{t_2} q\,dt = -\frac{\pi R^4}{8\nu}(t_2 - t_1)f\left(\frac{t_1 + t_2}{2}\right) + \frac{\pi R^6}{48\nu^2}\left[f(t_2) - f(t_1)\right].$$

Le premier terme correspond à l'application de la loi de Poiseuille, où l'on a pris comme perte de charge la perte de charge moyenne. Le deuxième terme peut être considéré comme un terme correctif, qui sera égal en valeur relative à 1/100 dans l'exemple numérique précédent.

De manière générale, la loi de répartition parabolique des vitesses sera applicable si la fonction sans dimensions $(R^2/6\nu)\,[f'(t)/f(t)]$ est négligeable devant 1, et si $(R^2/4\nu)^{2n+1}\,[f^{(n)}(t)/f(t)]$ tend assez vite vers zéro quand n augmente indéfiniment.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

HYDRAULIQUE. — *Influence du niveau aval sur l'écoulement au-dessus d'un seuil déversant type Creager.* Note (*) de M. **Fabien Sananes**, transmise par M. Léopold Escande.

Détermination du niveau aval limite n'entraînant aucune influence sur les conditions d'écoulement au-dessus d'un seuil Creager avec ou sans contractions.

Considérons l'écoulement schématisé sur la figure 1, dans lequel :
H désigne la charge amont au-dessus du seuil;
h_c, la hauteur de la lame d'eau dans la section de crête (section 1);
h', la hauteur limite au-dessus du seuil, de l'eau dans la section 3 (au pied du seuil);
h_2, la hauteur limite au-dessus du seuil, de l'eau dans la section 2 (où les filets sont redevenus parallèles);
D, hauteur du courant à grande vitesse dans la section 3;
A, la hauteur de pelle du seuil;
L_1, la largeur de la lame d'eau dans la section crête;
L_2, la largeur de la lame d'eau dans la section 2;
Q, le débit total passant au-dessus du seuil.

On a

$$Q = m L_1 H \sqrt{2gH}, \qquad \frac{Q}{L_1} = q, \qquad \frac{q^2}{g} = 2m^2 H^3,$$

m, coefficient de débit du seuil.

Posons

$$K_2 = \frac{h_2}{H}, \qquad K' = \frac{h'}{H}, \qquad a = \frac{A}{H}, \qquad d = \frac{D}{H}, \qquad K = \frac{L_1}{L_2}.$$

Appliquons le théorème d'Euler entre les sections 1 et 2 :

$$(1) \qquad \rho \int_0^{h_c} u^2\, dz + \varpi \int_0^{h_c} \left(\frac{P}{\varpi}\right) dz = \rho \frac{q^2}{h_2 + H} + \varpi \left(\frac{h_2 + A}{2}\right)^2 - \Sigma_p,$$

Σ_p, somme des efforts horizontaux de pression sur tout le parement aval du seuil.

— Pour la charge nominale H_0 de définition du seuil Creager, la pression sur tout le parement aval en l'absence de contre-pression est nulle.

— Pour la contre-pression aval limite h_2, $\Sigma_p = [h' + (A/2)]\,A$, tandis que rien n'est changé dans les conditions d'écoulement dans la section verticale de crête.

Or, dans cette section, le mouvement est circulaire et nous avons établi par ailleurs (¹) que

$$u = \sqrt{2g(H - h_c)} \left(\frac{R + nh_c}{R + nz}\right)^{\frac{1}{n}},$$

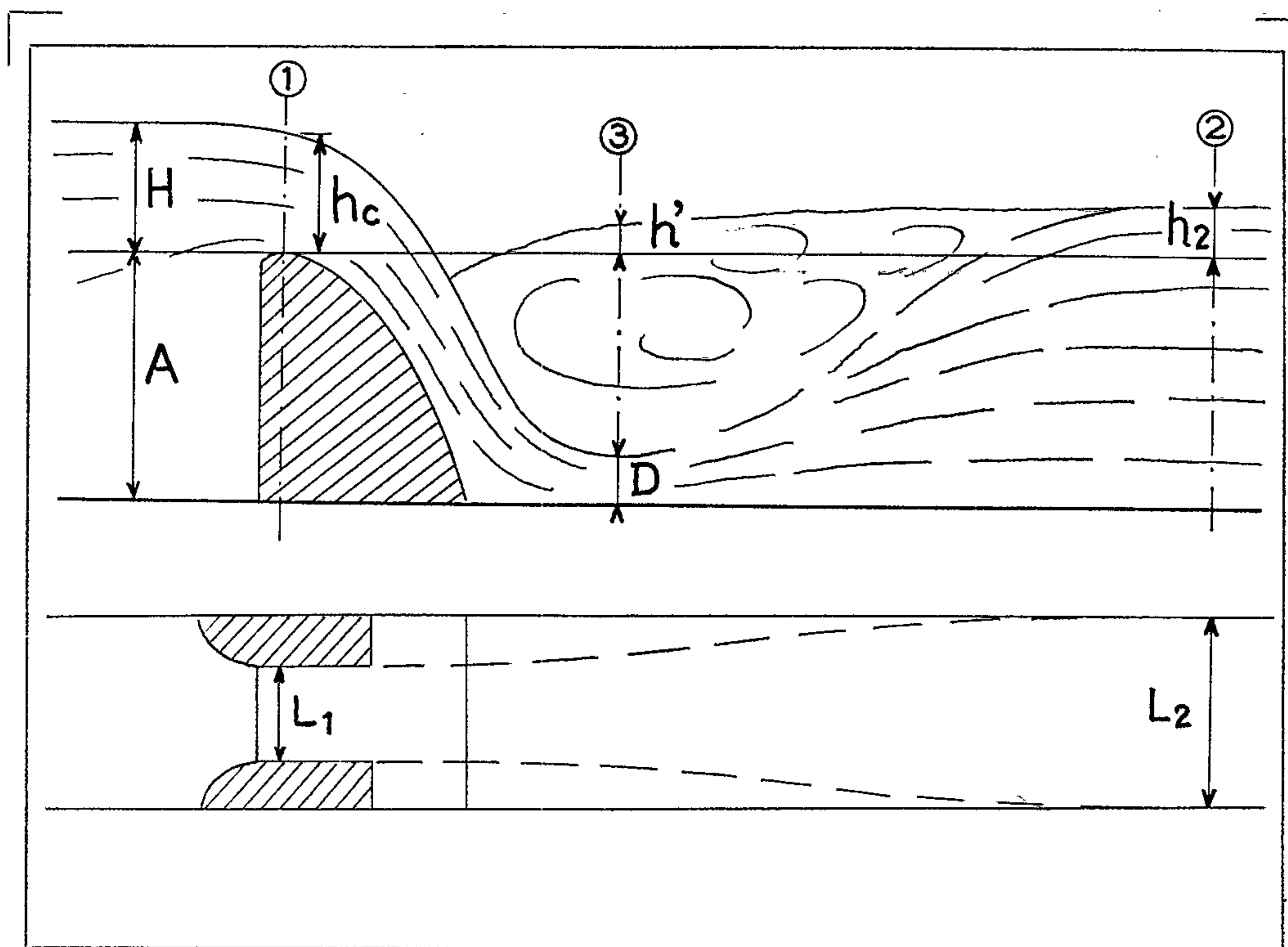
$$\frac{P}{\varpi} = H - \left[z + (H - h_c) \left(\frac{R + n h_c}{R + n z} \right)^{\frac{2}{n}} \right],$$

R = rayon en crête du seuil. Pour un seuil Creager, nous avons sensiblement

$$n = 1{,}8, \qquad h_c = 0{,}7, \qquad R = 0{,}65\,H_0.$$

Grâce à ces hypothèses, l'équation (1) devient

$$(1') \qquad 4m^2 \frac{1}{K_2 + a} + (K_2 + a)^2 - (2K' + a)a = 1{,}64.$$



Appliquons le théorème d'Euler entre les sections 2 et 3 :

$$(2') \qquad (K' + a)^2 = (K_2 + a)^2 - 4m^2 \frac{K_2 + a - d}{(K^2 + a)\,d}.$$

Enfin, en appliquant le théorème de Bernoulli, nous avons

$$(3') \qquad m^2 = d^2 (1 - K').$$

Ce système de trois équations permet de déterminer les valeurs de K' et K_2 limites connaissant les autres paramètres a et m.

Pour la charge nominale H_0 :

$$m = 0{,}5,$$

Éliminons (d) entre (2′) et (3′) :

$$(2'') \qquad (K' + a)^2 + 4m\sqrt{1 - K'} = (K_2 + a)^2 + \frac{4m^2}{K_2 + a}.$$

Éliminons K_2 entre (2″) et (1′) :

$$(1'')\qquad (K'+a)^2+4m\sqrt{1-K'}-(2K'+a)a=1,64$$

ou

$$(1''')\qquad K'^2+4m\sqrt{1-K'}=1,64,$$

d'où la valeur de K′ limite.

Influence de la hauteur de pelle. — Pratiquement, la valeur de K′ limite est indépendante de a. Par contre, l'équation (2″) montre que pour une valeur de K′ donnée, la valeur de K_2 augmente lorsque a diminue.

L'influence du niveau aval est d'autant plus faible que la hauteur de pelle est faible.

Influence de la charge. — $H > H_0$ entraîne :

— une apparition de dépressions sur le parement aval [2];

— une augmentation de m;

— une diminution de R/H;

— une diminution de a (A = Cte).

Dans ce cas, un exemple simple montre que le 2e terme de l'équation (1′) croît.

Par suite, (1‴) montre que K′ limite diminue et (2″) montre que K_2 limite diminue.

Le niveau aval réagit relativement plus vite pour des charges supérieures à la charge nominale.

Influence de la largeur relative. — Jusqu'à présent, nous avions un écoulement plan $L_2 = L_1$. Dans le cas où $L_2 \neq L_1$ l'équation (2″) est transformée, on a

$$(2''')\qquad (K'+a)^2+4m\lambda\sqrt{1-K'}=(K_2+a)^2+\frac{4m^2\lambda^2}{K_2+a}\qquad \text{si}\quad K\to 0,\qquad K_2\to K'.$$

Quand K décroît pour une valeur de K′ donnée, K_2 limite décroît.

L'influence du niveau aval se fait sentir d'autant plus que le rapport K,

$$\frac{L_1}{L_2}=\frac{\text{longueur relative de l'écoulement au-dessus du seuil}}{\text{largeur de l'écoulement à l'aval}}$$

est faible.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) F. SANANES, *Étude des seuils déversants à fente aspiratrice* (*Thèse*, 1959, Privat, Toulouse).

(2) L. ESCANDE, *Barrages, Déversoir à seuil Creager déprimé* (Génie civil).

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Propriétés des émissions monochromatiques de la couronne solaire.* Note (*) de M. **Audouin Dollfus**, présentée par M. André Danjon.

Les émissions monochromatiques coronales correspondant à différents potentiels d'ionisation s'enveloppent les unes les autres sans coïncider. Elles dessinent dans la matière coronale des configurations isothermes. La température d'ionisation est très hétérogène d'un point à l'autre et variable dans le temps. La matière coronale elle-même est presque immobile sauf s'il y a variation locale rapide du champ magnétique.

Observations. — Certaines propriétés de la couronne peuvent être établies par l'étude morphologique de ses émissions. Désireux de relever les observations nécessaires durant le dernier maximum d'activité solaire j'avais réalisé en 1954 un filtre polarisant isolant les radiations coronales 5 303 et 6 374 Å. Cet instrument fut installé en 1955 sur le coronographe de Lyot au Pic du Midi [(1), (2)]. En 1957, j'ai ajouté un second filtre isolant les radiations 6 702, 6 374 et 5 694 Å (3).

Ces monochromateurs donnent en une seule pose de l'ordre de 1 mn et sur tout le pourtour du Soleil l'aspect photographique de tous les jets, arches, plages monochromatiques dont la brillance dépasse 15 millionnièmes de celle du disque solaire pour 1 Å (*fig.* 1). Ils produisent l'image des structures coronales pour quatre niveaux d'ionisation de la matière : le Fe X (6 374 Å) pour 233 eV, le FeXIV (5 303 Å) pour 355 eV, le NiXV (6 702 Å) pour 422 eV et le CaXV (5 694 Å) pour 814 eV (*fig.* 2). Les filtres isolent encore les protubérances solaires en H_α, H_β, D_3, M_g, ainsi qu'en lumière blanche; ils montrent visuellement les régions coronales les plus brillantes, avec 5 303 Å en même temps que les protubérances en H_α et D_3, et avec 6 374 Å en même temps que H_α.

De 1955 à 1961, j'ai recueilli plus de 200 clichés de la couronne; de bonnes séries furent réussies par M. Leroy. Les observateurs du Pic du Midi ont effectué des collections de clichés. Dans certains cas, j'ai pratiqué comparativement la photographie de la couronne en lumière blanche selon la technique de Lyot (4).

Structures. — Les quatre radiations observées montrent des configurations différentes. La comparaison des structures est gênée par la perspective, les arches et jets se profilant les uns devant les autres. Cependant, les émissions paraissent très souvent imbriquées; elles s'enveloppent alors les unes les autres sans coïncider. L'aspect est fréquent et il faut admettre cette propriété comme générale. *L'apparition d'une émission monochromatique en un point de la couronne exclut l'illumination simultanée dans cette région, d'autres radiations nécessitant une ionisation différente.*

A titre d'exemple, la figure 4 montre en A un panache effilé, illuminé en 6 374 Å, donc ionisé sous 233 eV; celui-ci est entouré d'une pellicule B, lumineuse en 5 303 Å, c'est-à-dire ionisé plus fortement, sous 355 eV. La base du noyau de faible ionisation 6 374 Å est soulignée au niveau de la chromosphère par une émission H_α, phénomène observé dans de nombreux cas. La figure 5 donne le cas inverse d'une concentration coronale plus fortement ionisée que son pourtour; un jet conique C, visible seulement en 6 702 Å (422 eV) est enveloppé en D par une gaine lumineuse périphérique en 5 303 Å de moindre ionisation (355 eV). La figure 6 donne encore l'évolution d'une brillante formation complexe et variable en 5 303 Å qui reste en permanence circonscrite par des émissions 6 374 Å rendues lumineuses seulement sur le pourtour moins ionisé.

Dans certaines régions coronales, le niveau d'ionisation est tel qu'il ne peut pas y avoir illumination. L'image obtenue en lumière blanche (*fig.* 3), montre les régions ayant une forte densité électronique. La formation très brillante E possède un niveau d'énergie voisin de 355 eV car une forte émission 5 303 Å apparaît en ce lieu. Mais le panache F, dépourvu de toute émission doit nécessairement avoir un potentiel d'ionisation différent.

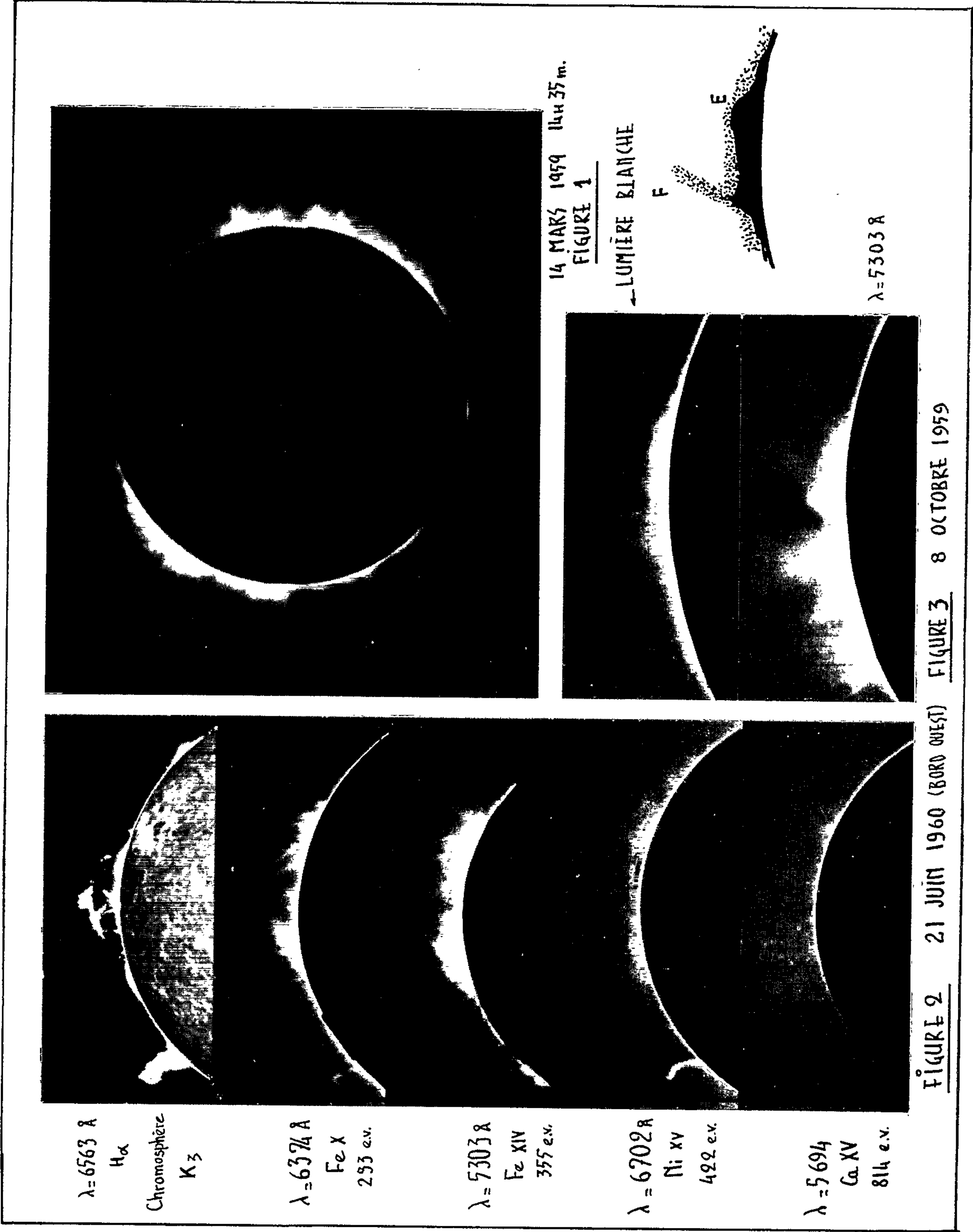
Variations. — Un changement de la densité sans modification de l'ionisation se traduit par une variation simultanée de l'éclat de l'ensemble des émissions monochromatiques et de la lumière blanche diffusée par les électrons. De telles variations ne s'observent pas de façon courante. Elles existent néanmoins faiblement puisque la couronne examinée en lumière blanche montre des variations sensibles, généralement lentes et peu accusées sauf dans les condensations très actives. *Le phénomène dominant qui gouverne les changements de configuration des émissions monochromatiques à l'échelle de temps compris entre quelques dizaines de minutes et quelques heures semble être plutôt un état rapidement variable de l'ionisation.*

J'avais déjà signalé que les mêmes jets peuvent disparaître puis réapparaître aux mêmes emplacements quelques heures plus tard si les conditions de l'ionisation initiales se reproduisent à nouveau ([5]). Voici maintenant l'exemple d'une région coronale à forte densité électronique qui s'illumina le 29 mai 1960 successivement pour deux niveaux d'ionisation très différents (*fig.* 7); l'énergie initialement très élevée au point G semble décroître considérablement, sur place, en quelques heures :

— à 10 h 25 m celle-ci devenait assez faible pour entraîner une probabilité notable de la transition $2\,P_{1/2} - 2\,P_{3/2}$ du FeXIV, exigeant 355 eV, manifestée par un début d'illumination de la radiation 5 303 Å;

— à 11 h 25 m l'ionisation moyenne atteignait 355 Fe car l'éclat de 5 303 Å en G devint maximal; la transition $2\,P_{3/2} - 2\,P_{1/2}$ du FeX, observable en 6 374 Å demande 233 eV et ne donnait encore aucune lumière;

....


14 MARS 1959 14h 35m.
FIGURE 1
LUMIÈRE BLANCHE
F
E
λ=5303 Å
FIGURE 3 8 OCTOBRE 1959
FIGURE 2 21 JUIN 1960 (BORD OUEST)
λ=6563 Å
Hα
Chromosphère
K3
λ=6374 Å
Fe X
233 e.v.
λ=5303 Å
Fe XIV
355 e.v.
λ=6702 Å
Ni XV
422 e.v.
λ=5694
Ca XV
814 e.v.

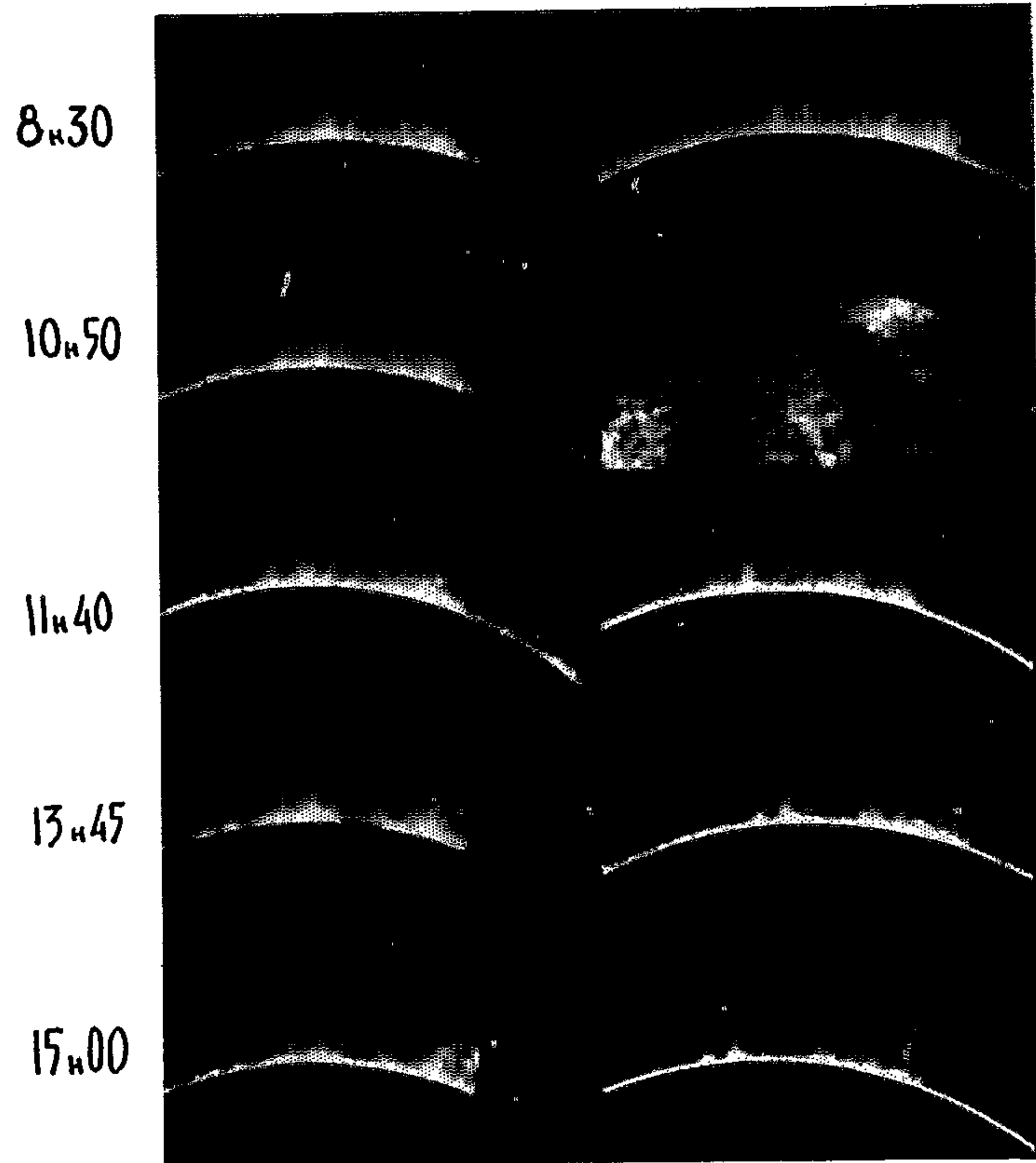


FIGURE 6   30 MAÎ 1960   BORD EST

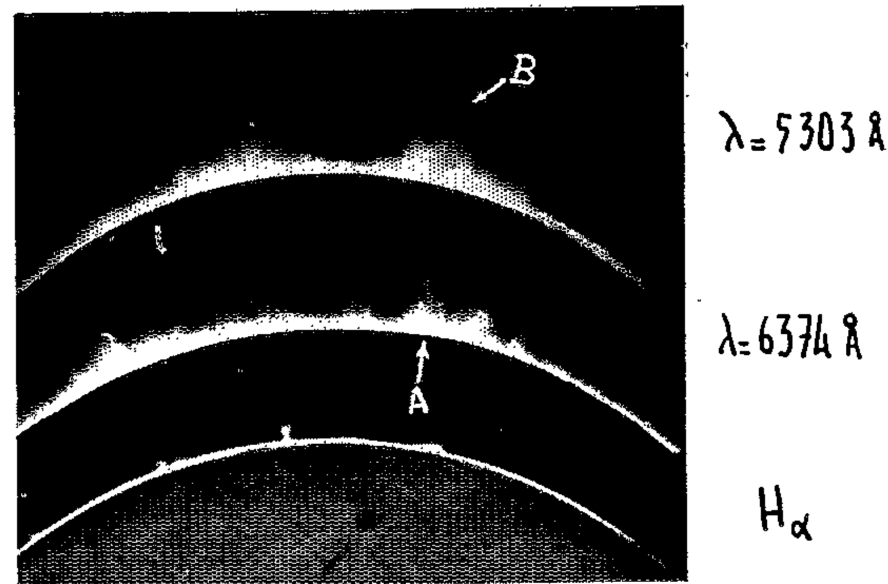


FIGURE 4   19 MAÎ 1960   BORD OUEST

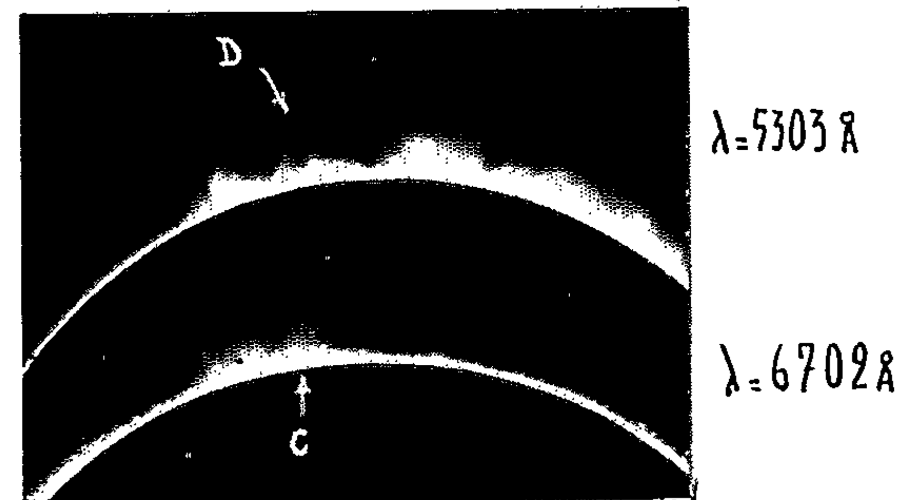


FIGURE 5   27 OCT. 1959

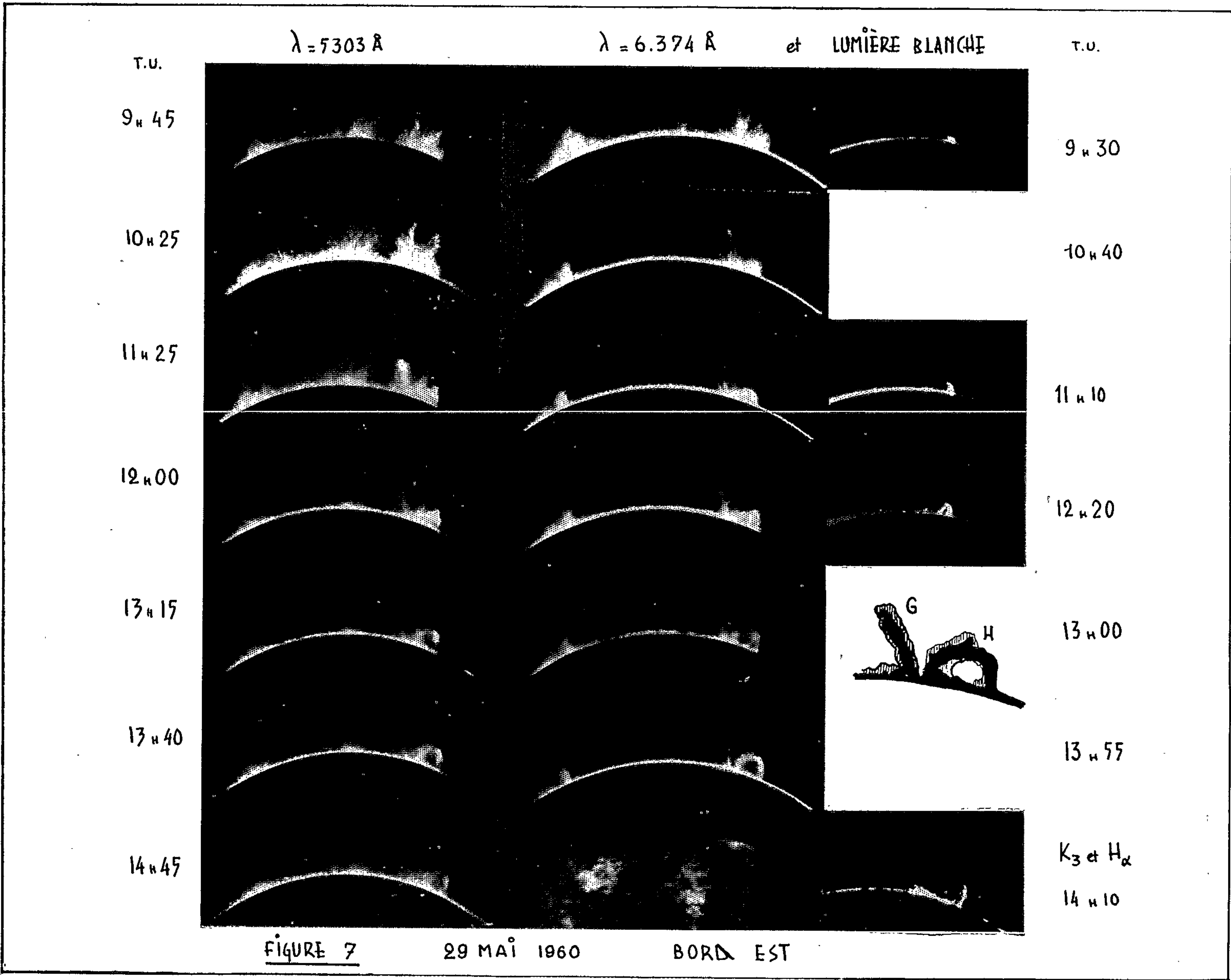


FIGURE 7 29 MAI 1960 BORD EST

— à 12 h 00 m l'émission du FeXIV s'affaiblit déjà beaucoup mais la matière s'illumina pour le FeX qui brilla d'un vif éclat à 12 h 20 m;
— à 13 h 00 m l'émission 6 374 Å elle-même ne put plus se maintenir et disparut à son tour peu après.

Mouvements. — Les nouveaux documents confirment nos conclusions de 1957 sur l'immobilité relative de la matière, qui contraste avec le caractère mouvant de ses illuminations (5). Ainsi on observe fréquemment (par exemple *fig.* 3) des formations coronales voisines des protubérances; elles soulignent les structures protubérantielles dont on relie la forme aux configurations magnétiques. Ces dernières sont animées de mouvements constants le long des lignes de force, tandis que la couronne demeure immobile.

Certaines configurations s'éteignent en un point de la couronne et d'autres formations voisines s'illuminent à la manière des rayons d'une aurore polaire. Certains changements de l'état d'ionisation semblent quelquefois se propager, selon un processus qu'il ne m'a pas encore été possible de dégager complètement. Dans certains centres actifs, cependant, la matière coronale peut se déplacer elle-même dans son ensemble, en même temps que les lignes de force du champ magnétique. La figure 7 montre en H une arche coronale enveloppant une protubérance en boucle et s'élevant en même temps que celle-ci à la vitesse de 3,5 km/s. M. Waldmeier (6), ainsi que G. Newkirk (7), notamment, ont observé des mouvements analogues.

Conclusions. — Si l'on exprime l'ionisation dans la couronne solaire sous la forme d'une température, celle-ci est très hétérogène, variable d'un point à l'autre et dans le temps. Les émissions monochromatiques de niveau d'ionisation croissant s'illuminent aux emplacements ayant la température appropriée et dessinent dans la masse coronale des configurations isothermes. Celles-ci enveloppent les régions les plus froides ou les plus chaudes en couches feuilletées, imbriquées ou concentriques. Les températures se modifient dans le détail en quelques heures et les variations thermiques semblent quelquefois se propager.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) A. DOLLFUS, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1717.

(2) A. DOLLFUS, *Revue d'Optique*, 32, 1956, p. 625.

(3) A. DOLLFUS, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 35.

(4) B. LYOT, *Comptes rendus*, 193, 1931, p. 1169.

(5) A. DOLLFUS, *Comptes rendus*, 244, 1957, p. 1880.

(6) M. WALDMEIER, *Astron. Mitteil. Sternwarte Zürich*, n° 146, 1945; *Z. Astroph.*, 46, 1958, p. 92.

(7) G. NEWKIRK, *Ann. Astroph.*, 20, 1957, p. 127.

(*Observatoire de Paris-Meudon.*)

PHYSIQUE SOLAIRE. — *Sur la cinématique des spicules de la chromosphère solaire.* Note (*) de M. **Zadig Mouradian**, présentée par M. André Danjon.

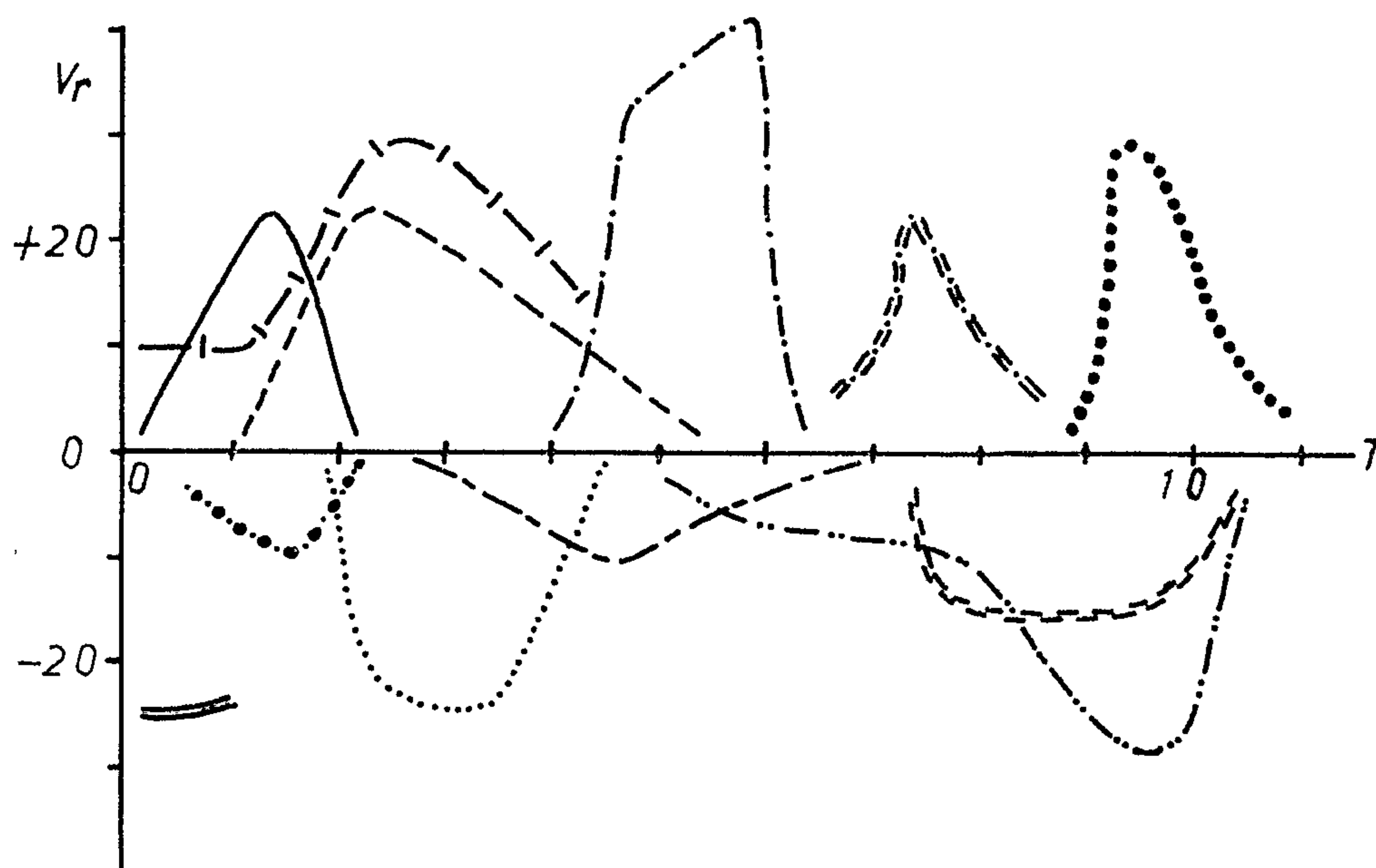
De nouvelles observations spectroscopiques montrent que la matière des spicules monte dans la couronne, mais ne redescend pas durant la période où ces objets restent visibles en H_α.

L'évolution des spicules dans le temps a été étudiée en cinématographiant la raie H_α au bord du Soleil, dans des régions voisines de l'équateur solaire. On a utilisé le spectrographe de 9 m [1] installé à l'Observatoire du Pic du Midi, qui donne pour la région considérée une dispersion de 3,6 mm/Å. L'image solaire a un diamètre d'environ 20 cm.

L'étude qui fait l'objet de la présente Note porte sur deux séries d'observations retenues pour leur bonne qualité.

1° Le 27 août 1959 à 8 h 20 m-8 h 40 m T. U. Cette série comprend 13 balayages spectroscopiques successifs, au même endroit du Soleil, sur le bord Est. Ces spectres décrivent les variations de la chromosphère H_α en fonction de la hauteur et en fonction du temps (résolution en temps : 1,5 m).

2° Le 19 août 1962 à 7 h 45 m-7 h 57 m T. U. Cette séquence a été obtenue en maintenant le Soleil immobile à l'aide d'un guidage photoélectrique, de telle sorte que la fente du spectrographe reste à une distance constante du bord Est du Soleil; la cadence d'une image toutes les 8 s permet des mesures plus précises.



Pour chaque spicule, on a déterminé la variation des vitesses radiales au cours du temps et à une même hauteur (4 à 5 000 km de la photosphère). Pour cette étude on a retenu les spicules bien isolés : 10 sur le premier film, 21 sur le second.

La figure montre 12 exemples d'évolution de la vitesse radiale, tirés du second film; en abscisse le temps T est exprimé en minutes et en ordonnées les vitesses radiales V_r en kilomètres par seconde.

Pour tous les cas étudiés, l'évolution des vitesses présente un caractère commun : les vitesses radiales ne changent pas de signe, pendant la vie de l'individu. Cela tendrait à démontrer que les vitesses de « descente » mesurées par S. L. Lippincott (2) sur des films de R. B. Dunn, ne sont qu'apparentes; le spicule monte dans la couronne, ce qui se traduit par des vitesses radiales positives ou négatives selon l'inclinaison de la trajectoire par rapport à la ligne de visée, mais ne redescend pas, l'objet disparaissant en H_α par ionisation. Si cette hypothèse est correcte, la vitesse de descente donne une mesure de la rapidité d'ionisation de la matière spiculaire.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) G. LABORDE, R. MICHARD et R. SERVAJEAN, *Ann. Astrophys.*, 20, 1957, p. 209-221.

(2) S. L. LIPPINCOTT, *Smithson. Contrib. Astrophys.*, 2, 1957, p. 15-23.

(Observatoire de Paris-Meudon.)

RADIOASTRONOMIE. — *Structure de la radiosource* HB 21.
Note (*) de M. **André Boischot**, présentée par M. André Danjon.

La radiosource HB 21 présente sur 1430 MHz une structure en anneau. Cette structure, qui se retrouve chez la plupart des radiosources galactiques non thermiques identifiées à des vestiges de supernovæ, indique que l'émission est principalement concentrée près de la surface de l'enveloppe en expansion.

Le nouveau radiotélescope de Nançay est utilisé pour l'étude de l'émisssion radioélectrique des vestiges de supernovæ sur 1430 MHz. Le pouvoir séparateur à cette fréquence est de 20′6. Parmi les sources étudiées, on a trouvé que la source HB 21 avait une structure en anneau, rappelant celle de la boucle du *Cygne* ou de la nébuleuse *Rosette*.

La figure 1 donne les courbes isophotes obtenues, les coordonnées étant rapportées à l'époque 1950,0. La précision sur les mesures relatives de flux est estimée à $\pm$ 1 %. La source est à peu près circulaire mais la distribution de brillance à sa surface n'est pas uniforme. On peut y distinguer plusieurs maximums, groupés en cercle autour du centre de la source. L'ensemble a par suite la forme d'un anneau irrégulier.

La densité de flux totale de la radiosource, obtenue en intégrant la luminance sur toute la surface de la source, est de $(190 \pm 30) . 10^{-26}$ W.m^{-2}.Hz^{-1}. Les quelques valeurs trouvées sur d'autres fréquences sont portées sur la figure 2. La médiocre précision de ces mesures permet seulement de dire que le spectre est compatible avec une loi puissance d'indice spectral $-0,20 \pm 0,10$.

Les dimensions extérieures de la source dans les directions Est-Ouest et Nord-Sud sont respectivement de $2°30' \pm 10'$ et $2° \pm 10'$, mais si nous considérons la dimension de l'anneau, entre les maximums d'intensité, nous trouvons un diamètre moyen de 55′.

Le caractère le plus remarquable de la distribution de brillance de HB 21 est sa structure en anneau. Sur les photographies de la région, on peut voir quelques faibles nébulosités filamenteuses analogues à celles de la boucle du *Cygne* [1] et situées au centre d'une région H II plus étendue.

Il n'existe aucune relation entre les luminances optique et radioélectrique : par exemple, on n'a pu détecter aucune émission radio dans la région où l'émission optique est maximale, située à $\alpha = 20$ h 36 m, $\delta = 48°$. Bien que la valeur de l'indice spectral ne puisse exclure la possibilité d'une origine thermique de l'émission de HB 21, cette différence entre les aspects optique et radioélectrique de la source semble prouver qu'une grande partie au moins de l'émission radioélectrique a une origine non thermique, comme il a déjà été noté par Harris [2].

Il est important de remarquer que la structure en anneau est très fréquente parmi les radiosources galactiques non thermiques qui ont été iden-

tifiées avec des vestiges de supernovæ de type II d'après l'ancienne classification de Minkowski. La boucle du *Cygne*, HB 21, W 44 ([3]), *Cass. A* ([4]) ont une structure en anneau, et les structures de CTA 1 et HB 9, soupçon-

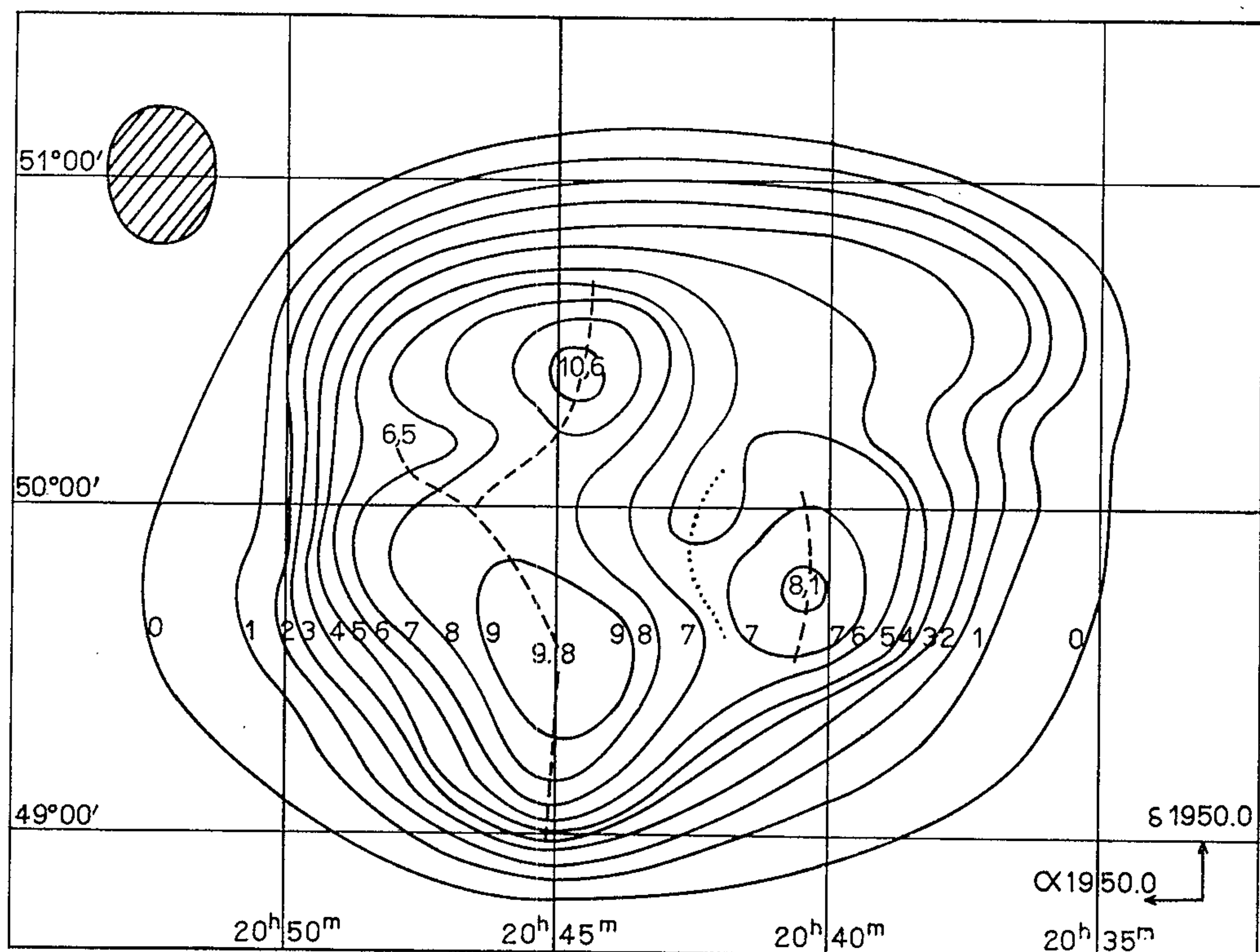


Fig. 1. — Lignes d'égales températures d'antenne obtenues sur la radiosource HB 21. Les coordonnées sont rapportées à l'époque 1950,0. *En haut, à gauche*, la surface hachurée montre les dimensions du lobe d'antenne entre les points à demi-puissance. 1 unité = 4°K.

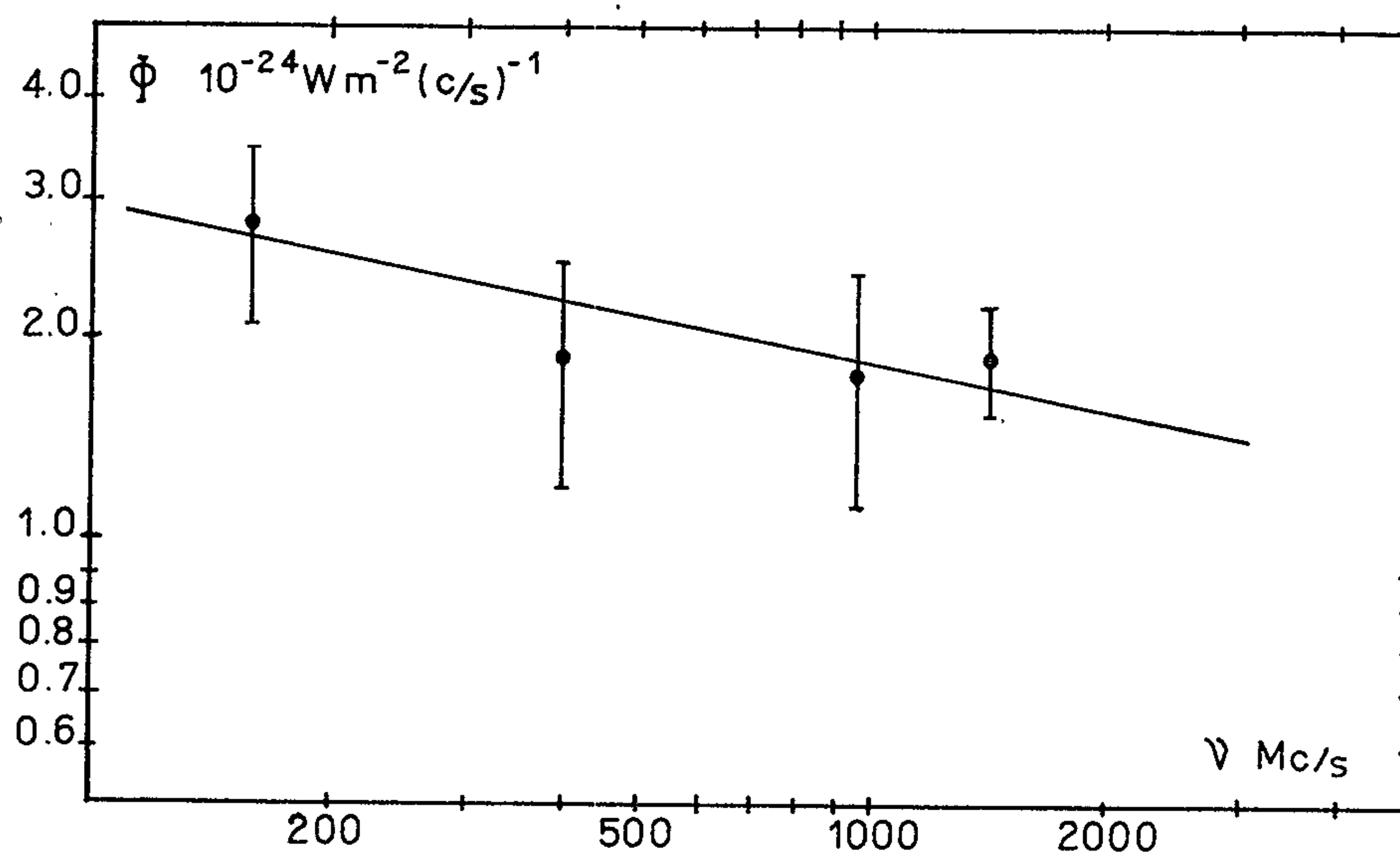


Fig. 2. — Spectre de la radiosource HB 21.

nées sur les cartes de Harris (2) sont très probablement identiques. De plus, des observations très récentes faites à Nançay sur 13 cm de longueur d'onde avec un pouvoir séparateur de 13′ montrent que la radiosource W 28, autre source galactique non thermique, est une source double, peut-être ayant aussi une structure en anneau. Seule jusqu'à présent la radiosource correspondant à IC 443 semble avoir une brillance maximale en son centre. Parmi les vestiges de supernovæ de type I, *Tau A* a aussi une structure approximativement gaussienne, alors que d'après Maltby et Moffet (5) la radiosource correspondant à la supernovæ de 1572 aurait une structure en anneau. Le cas de la supernovæ de 1604 est moins clair, mais la radiosource semble présenter une structure fine importante.

La structure en anneau d'une radiosource correspond, dans l'hypothèse d'une symétrie sphérique, à une source ayant, dans l'espace, la forme d'une enveloppe sphérique. Le rayonnement radioélectrique des restes de supernovæ a donc tendance à se concentrer près de la surface de l'enveloppe en expansion, et non dans tout le volume intérieur.

Pour IC 443 et la nébuleuse du *Crabe*, la différence de structure correspond probablement à une différence dans quelqu'autre caractère de la supernovæ (type, âge, densité de la matière stellaire avoisinante, etc.).

(*) Séance du 5 décembre 1962.
(1) R. MINKOWSKI, *Rev. Mod. Phys.*, 30, 1958, p. 1048.
(2) D. E. HARRIS, *Ap. J.*, 135, 1962, p. 661.
(3) P. R. R. LESLIE, *The Observatory*, 80, 1960, p. 23.
(4) J. LEQUEUX, *Ann. Astrophys.*, 25, 1962, p. 221.
(5) P. MALTBY et A. T. MOFFET, *Observations Cal. Tech. Radio Observatory*, n° 1, 1962.

(*Observatoire de Paris-Meudon* et *Station radioastronomique de Nançay*.)

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Solutions singulières et régulières de l'équation des champs électriques ionisés.* Note (*) de M. **Noël Felici**, transmise par M. Louis Néel.

L'intégration de l'équation des champs électriques ionisés fait apparaître des singularités. En introduisant le terme de diffusion, on montre que certaines sont exclues ou limitées, tandis que d'autres subsistent. Il existe enfin des solutions régulières qui jouent un rôle important.

L'intégration de l'équation des champs électriques ionisés sans terme de diffusion

$$(a) \qquad (\Delta V)^2 + (\text{grad}\, \Delta V)(\text{grad}\, V) = 0$$

fait apparaître des singularités, « gorges » et « arêtes », physiquement inacceptables. On les retrouve dans des cas beaucoup plus étendus en cherchant des solutions comme $V = \sum_1^\infty e^{-nx} f_n(y)$ ou $\sum_1^\infty r^{p+n} f_n(\theta)$ s'annulant sur les faces d'un dièdre ou sur deux plans parallèles.

L'existence des arêtes soulève des difficultés mathématiques autant que physiques. Une arête ne peut naître dans l'espace, à cause du principe de décroissance. Elle part donc de l'électrode émettrice. Mais comme la courbure des équipotentielles est infinie sur une arête, le contour de cette électrode ne peut être choisi librement. Il semble pourtant qu'on pose bien le problème en donnant V sur deux contours arbitraires et une autre grandeur comme la densité de charge ρ sur l'un d'entre eux. Ceci est pourtant impossible dans les cas très étendus impliquant des arêtes, par exemple si l'électrode réceptrice présente des angles rentrants sur lesquels ρ est de l'ordre de r^α, α pouvant être positif. Il faut donc tenir compte du terme de diffusion $\nu \Delta (\Delta V)$.

On pourrait croire suffisant de l'introduire seulement au voisinage des singularités, de façon à les « adoucir ». Ce n'est pas si simple. Le terme de diffusion commande tout le champ, et si $\nu \to 0$, on ne trouve à la limite que certaines solutions de (a).

Examinons la possibilité de singularités « adoucies » en fonction de l'équation avec diffusion

$$(b) \qquad \nu \Delta\rho - (\text{grad}\, \rho).\vec{E} - 4\pi\rho^2 = 0 \qquad (\rho > 0).$$

En prenant l'ancienne singularité comme Ox, on doit y avoir $\partial\rho/\partial y = 0$ et $\nu \Delta\rho = E_x (\partial\rho/\partial x) + 4\pi\rho^2$. On peut supposer que sur Ox ρ est localement de l'ordre de $e^{-x/a}$, d'où

$$\nu \frac{\partial^2\rho}{\partial y^2} = \rho\left[4\pi\rho - \frac{E_x}{a} - \frac{\nu}{a^2}\right].$$

Si l'on a une arête dirigée vers les ρ décroissantes ($E_x > 0$), ρ y est très grande et $\partial^2\rho/\partial y^2 < 0$, donc $4\pi\rho < E_x/a + \nu/a^2$. La longueur a est d'autant plus courte que ρ est plus grande, ce qui limite la longueur λ d'arête possible en amont d'un point de densité ρ. Si ν est petit, $\lambda < E_x/4\pi\rho$.

Pour une gorge dirigée de même, ρ est très petite et $\partial^2\rho/\partial y^2 > 0$, donc $4\pi\rho > E_x/a + \nu/a^2$ et a est d'autant plus grande que ρ est plus petite. Si $E_x a \gg \nu$, ρ doit décroître plus lentement que E_x; si $E_x a \ll \nu$, la gorge disparaît, la diffusion donnant au contraire un maximum de ρ.

Si l'on a enfin une gorge dirigée vers les ρ croissantes ($E_x < 0$) l'inégalité est vérifiée et la gorge possible sauf si $E_x a \ll \nu$ auquel cas la gorge est encore remplacée par un maximum.

Appliquons ces résultats au cas de deux plaques parallèles. Si elles sont réceptrices (a) possède une famille de solutions $V = e^{-x} f(y)$ donnant gorge ou arête sur Ox selon le degré d'ionisation. Ox étant infini, l'arête est impossible. La gorge ne pourrait avoir aussi qu'une longueur limitée, car ρ y décroît plus lentement que E_x, qui décroît lui-même comme ρ dans le reste du champ. Les solutions $e^{-x} f(y)$ sont donc toutes éliminées, sauf une, la limite commune des gorges et des arêtes, qui est régulière partout. $f(y)$ est alors développable en série entière $1 - y^2 + (y^4/10) - \ldots$ et ρ ne varie que de 22 % entre Ox, où elle est maximale, et les plaques à $V = 0$, distantes de 2,12.

Il existe d'autres solutions régulières de (a). L'une d'elles est une densité constante ρ_0 dans un champ harmonique ($V = e^{-x} \cos y$) assez intense pour qu'elle ne le modifie que très peu. On peut en trouver d'autres en intégrant (a) le long d'une ligne de force et en supposant $\vec{E}$ connu (harmonique par exemple) d'où $1/\rho - 1/\rho_0 = 4\pi \int ds/E$. On obtient ainsi une distribution approchée de ρ à partir de $\rho = \rho_0$ pour $x = x_0$. On peut alors rectifier $\vec{E}$, et par itération atteindre une solution exacte, qui se réduit à $\rho = \rho_0$ pour $x = x_0$ et à $e^{-x} f(y)$ quand $x \to +\infty$. La densité de charge a partout un maximum plat sur Ox et varie peu avec y.

Si les plaques sont émettrices, les solutions $V = e^{-x} f(y)$ de (a) sont au contraire toutes acceptables avec une gorge à $\rho = 0$ sur Ox. Bien entendu, si ν est non pas infiniment petit mais fini, les solutions retenues sont modifiées là où la diffusion se fait directement sentir. On doit avoir $\rho = 0$ sur des plaques réceptrices; il y a donc une chute très brusque de ρ à leur voisinage selon une loi en $1 - e^{-Ez/\nu}$, où E est le champ et z la distance à la plaque. De même la gorge à $\rho = 0$ des plaques émettrices est remplacée par une gorge à ρ très petite et fond arrondi.

Les résultats précédents paraissent confirmés par l'expérience. On ne trouve pas d'arêtes dans l'espace, mais seulement des concentrations locales de courant sur une région étroite d'une électrode étendue (arête d'un dièdre rentrant). Ces concentrations proviennent d'une langue de

charge spatiale qui s'avance en s'effilant, tout maximum aigu de ρ ayant disparu peu en amont de l'électrode. Au contraire les gorges du second type sont faciles à observer sur une grande longueur.

Si l'on étudie enfin la décroissance de la densité de courant sur deux plaques parallèles réceptrices, on trouve fréquemment une loi rigoureusement exponentielle dont le décrément logarithmique rapporté à la distance des plaques est très sensiblement indépendant de celle-ci et du régime électrique et vaut environ 4,2 à 4,3, ce qui coïncide avec la solution régulière $e^{-x} f(y)$ ($2 \times 2,12 = 4,24$) et confirme qu'il n'y a qu'une solution acceptable de ce type. On peut naturellement en observer d'autres, mais alors le décrément expérimental varie avec l'abscisse.

Le terme de diffusion commande donc tout le phénomène et c'est une erreur fondamentale que de le négliger. Les solution régulières de (a) jouent un rôle important que nous discuterons dans un prochain travail.

(*) Séance du 12 novembre 1962.

(Laboratoire d'Électrostatique et de Physique du Métal, Institut Fourier, place du Doyen-Gosse, Grenoble.)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur les identités déduites d'une intégrale d'action et leur application en théorie euclidienne de la gravitation.* Note (*) de Mlle **Silvie Lederer**, présentée par M. Louis de Broglie.

1. *Les identités dans le cas général* ([1]). — *a*. Soit $\mathcal{L}$ la densité d'action sur laquelle repose la théorie considérée. Les variables dont elle dépend sont désignées par $Q_{\mu\nu}$, et en général, métrique d'espace-temps $g_{\mu\nu}$ et potentiels de champ $\Phi_{\mu\nu}$ sont distincts ([2]). Nous ne considérons que le cas où $\mathcal{L}$ est une densité scalaire de la forme

$$\mathcal{L} \equiv \mathcal{L}(Q_{\mu\nu}, \partial_\rho Q_{\mu\nu}). \tag{1}$$

La méthode employée ici est due à H. Weyl ([3]). Dans une transformation infinitésimale définie par le champ de vecteurs ξ^ρ, la dérivée de Lie de l'intégrale d'action doit s'annuler :

$$X\int \mathcal{L}\, d\tau = \int X\mathcal{L}\, d\tau - \int \partial_\rho(\mathcal{L}\xi^\rho)\, d\tau = 0. \tag{2}$$

Après avoir explicité les dérivées de Lie des variables, on montre que, pour que (2) soit vérifiée, il faut

$$\partial_\mu \left\{ \frac{\delta\mathcal{L}}{\delta Q_{\mu\nu}} Q_{\rho\nu} + \frac{\delta\mathcal{L}}{\delta Q_{\nu\mu}} Q_{\nu\rho} \right\} = \frac{\delta\mathcal{L}}{\delta Q_{\mu\nu}} \partial_\rho Q_{\mu\nu}, \tag{3}$$

$$\partial_\sigma \left\{ \frac{\delta\mathcal{L}}{\delta Q_{\sigma\rho}} Q_{\nu\rho} + \frac{\delta\mathcal{L}}{\delta Q_{\rho\sigma}} Q_{\rho\nu} + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_\sigma Q_{\mu\rho})} \partial_\nu Q_{\mu\rho} - \mathcal{L}\,\delta^\sigma_\nu \right\} = 0. \tag{4}$$

$$\frac{\delta\mathcal{L}}{\delta Q_{\sigma\rho}} Q_{\nu\rho} + \frac{\delta\mathcal{L}}{\delta Q_{\rho\sigma}} Q_{\rho\nu} + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_\sigma Q_{\mu\rho})} \partial_\nu Q_{\mu\rho} - \mathcal{L}\,\delta^\sigma_\nu + \partial_\rho \left\{ \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_\rho Q_{\sigma\mu})} Q_{\nu\mu} + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_\rho Q_{\mu\sigma})} Q_{\mu\nu} \right\} = 0, \tag{5}$$

$$\left\{ \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_\sigma Q_{\rho\mu})} + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_\rho Q_{\sigma\mu})} \right\} Q_{\nu\mu} + \left\{ \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_\sigma Q_{\mu\rho})} + \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial(\partial_\rho Q_{\mu\sigma})} \right\} Q_{\mu\nu} = 0 \quad ([4]) \tag{6}$$

(où δ désigne la dérivée variationnelle).

b. Nous allons dans la suite :

— supposer que les variables sont symétriques : $Q_{\mu\nu} = Q_{\nu\mu}$;

— distinguer métrique et potentiels parmi les variables.

A partir de $\mathcal{L}$ sont définis :

— Le premier membre des équations de champ :

$$\sqrt{-g}\, D^{\mu\nu} \equiv \frac{\delta\mathcal{L}}{\delta\Phi_{\mu\nu}} \quad (D^{\mu\nu} = D^{\nu\mu}); \tag{7}$$

— Le « tenseur métrique » d'impulsion-énergie, symétrique :

$$\frac{1}{2}\sqrt{-g}\, \overset{(m)}{t}{}^{\mu\nu} \equiv -\frac{\delta\mathcal{L}}{\delta g_{\mu\nu}}; \tag{8}$$

— Le « tenseur canonique », asymétrique :

$$(9)\qquad \sqrt{-g}\,\overset{(c)}{t}{}_{\mu}{}^{\nu} = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\nu g_{\rho\sigma})}\partial_\mu g_{\rho\sigma} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\nu \Phi_{\rho\sigma})}\partial_\mu \Phi_{\rho\sigma} - \delta_\mu^\nu \mathcal{L}.$$

Les relations (5), (4), (3) et (6) s'écrivent alors respectivement :

$$(10)\qquad \sqrt{-g}\,\overset{(m)}{t}{}_{\nu}{}^{\rho} = \sqrt{-g}\,\overset{(c)}{t}{}_{\nu}{}^{\rho} + 2\sqrt{-g}\,\mathrm{D}^{\rho\tau}\Phi_{\nu\tau} + 2\,\partial_\tau\left\{\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\tau \Phi_{\rho\mu})}\Phi_{\nu\mu} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\tau g_{\rho\mu})}g_{\nu\mu}\right\},$$

$$(11)\qquad \partial_\sigma\left(\sqrt{-g}\,\overset{(c)}{t}{}_{\nu}{}^{\sigma}\right) = \frac{1}{2}\sqrt{-g}\,\overset{(m)}{t}{}^{\mu\sigma}\partial_\nu g_{\mu\sigma} - \sqrt{-g}\,\mathrm{D}^{\mu\sigma}\partial_\nu \Phi_{\mu\sigma},$$

$$(12)\qquad \partial_\mu\left(\sqrt{-g}\,\overset{(m)}{t}{}_{\rho}{}^{\mu}\right) = \frac{1}{2}\sqrt{-g}\,\overset{(m)}{t}{}^{\mu\nu}\partial_\rho g_{\mu\nu} + 2\,\partial_\mu\left(\sqrt{-g}\,\mathrm{D}^{\mu\nu}\Phi_{\rho\nu}\right) - \sqrt{-g}\,\mathrm{D}^{\mu\nu}\partial_\rho \Phi_{\mu\nu},$$

$$(13)\qquad \left\{\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\tau \Phi_{\rho\mu})} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\rho \Phi_{\tau\mu})}\right\}\Phi_{\nu\mu} + \left\{\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\tau g_{\rho\mu})} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\rho g_{\tau\mu})}\right\}g_{\nu\mu} = 0.$$

Il résulte également de (10), (11) et (12) :

$$(14)\qquad \partial_\mu\left(\sqrt{-g}\,\overset{(m)}{t}{}_{\rho}{}^{\mu} - \sqrt{-g}\,\overset{(c)}{t}{}_{\rho}{}^{\mu}\right) = 2\,\partial_\mu\left(\sqrt{-g}\,\mathrm{D}^{\mu\nu}\Phi_{\rho\nu}\right),$$

$$(15)\qquad \sqrt{-g}\,\nabla_\mu \overset{(m)}{t}{}_{\rho}{}^{\mu} = 2\,\partial_\mu\left(\sqrt{-g}\,\mathrm{D}^{\mu\nu}\Phi_{\rho\nu}\right) - \sqrt{-g}\,\mathrm{D}^{\mu\nu}\partial_\rho \Phi_{\mu\nu},$$

$$(16)\qquad \sqrt{-g}\,\nabla_\sigma \overset{(c)}{t}{}_{\nu}{}^{\sigma} = -\sqrt{-g}\,\mathrm{D}_\mu{}^{\tau}\partial_\nu \Phi^{\mu}{}_{\tau} + (g^{\mu\alpha}\partial_\nu g_{\mu\rho})\,\partial_\tau\left\{\frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\tau \Phi_{\rho\sigma})}\Phi_{\alpha\sigma} + \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial(\partial_\tau g_{\rho\sigma})}g_{\alpha\sigma}\right\}.$$

Ces relations permettent de constater, sans référence à une théorie déterminée, que, dans le cas du vide ($\mathrm{D}^{\mu\nu} = 0$) :

— « tenseur métrique » et « tenseur canonique » diffèrent par une divergence antisymétrique;

— si l'espace est riemannien, seul le « tenseur métrique » est conservatif au sens de la divergence covariante; la seule combinaison linéaire des deux tenseurs, qui soit conservative au sens de la divergence ordinaire, est l'expression $\sqrt{-g}\left(\overset{(m)}{t}{}_{\rho}{}^{\mu} - \overset{(c)}{t}{}_{\rho}{}^{\mu}\right)$;

— si l'espace est euclidien (et les coordonnées cartésiennes), les deux tenseurs sont à divergence nulle.

2. *Cas particuliers*. — *a*. En Relativité générale, composantes du tenseur métrique et potentiels de gravitation sont confondus; les termes contenant $\mathrm{D}^{\mu\nu}$ n'existent plus dans les relations ci-dessus. Celles-ci s'écrivent sous des formes bien connues [(6), (7), (8), (9)].

Dans l'espace-temps plat de la théorie de Maxwell, le potentiel est un vecteur, et $\mathcal{L} = 1/4\, \varphi^{\mu\nu}\varphi_{\mu\nu}\sqrt{-g}$. Les relations (10) à (16) s'adaptent sans difficulté. Le « tenseur métrique » est identique au tenseur de Maxwell; donc lorsque les équations s'écrivent, avec un second membre, $\partial_\sigma \varphi^{\sigma\tau} = \rho u^\tau$, sa divergence est la force de Lorentz.

b. Le cas d'une théorie euclidienne de la gravitation, où le champ est défini par ses potentiels $\Phi_{\mu\nu}$ (10), s'apparente beaucoup moins à la Relativité générale qu'à la théorie de Maxwell :

— dans la première de ces théories, en effet, le « tenseur métrique » égale le tenseur matériel, en vertu des équations du champ; la conservation

de « l'énergie » est automatiquement donnée par (14); il en résulte grâce à (12) équations du mouvement et conservation de la masse;

— dans la seconde par contre, il est nécessaire d'ajouter *a priori* la loi de conservation de l'énergie; bien que la divergence du tenseur canonique soit, elle aussi, nulle en l'absence de charges, c'est le tenseur métrique seul qui permet d'obtenir des équations du mouvement et de conservation satisfaisantes.

Dans le cas considéré, on est fondé par conséquent à préférer le tenseur métrique (qui de plus est symétrique), comme tenseur d'énergie gravitationnelle. On pose donc, lorsque $D^{\mu\nu} = -\chi M^{\mu\nu}$, $\partial_\mu\left(\overset{(m)}{t}{}^{\mu\nu} + M^{\mu\nu}\right) = 0$.

La relation (12) permet d'écrire ceci

$$\partial_\mu (M^{\mu\nu}\gamma_{\rho\nu}) = \frac{1}{2} M^{\mu\nu}\,\partial_\rho\gamma_{\mu\nu} \qquad (\gamma_{\mu\nu} = \eta_{\mu\nu} - 2\chi\Phi_{\mu\nu}).$$

Si $M^{\rho\nu} = \mu c^2 u^\rho u^\nu$, on obtient équation de continuité et équations du mouvement ([11]), sous des formes non moins proches que la précédente, de la Relativité générale :

$$\partial_\rho(\mu w^2 \overset{*}{u}{}^\rho) = 0 \qquad \text{et} \qquad \overset{*}{u}{}^\rho\,\partial_\rho(\gamma_{\mu\sigma}\overset{*}{u}{}^\mu) = \frac{1}{2}\overset{*}{u}{}^\mu\overset{*}{u}{}^\rho\,\partial_\sigma\gamma_{\rho\mu}$$

$$(w^2 \equiv \gamma_{\mu\nu}u^\mu u^\nu;\ w\overset{*}{u}{}^\mu \equiv u^\mu;\ \gamma_{\mu\nu}\overset{*}{u}{}^\mu\overset{*}{u}{}^\nu = 1).$$

Ces résultats et leurs conséquences peuvent justifier le choix du tenseur métrique. (Remarquons que tout ceci est indépendant de l'expression de $\mathcal{L}$.)

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) E. Noether a montré que si l'intégrale d'action est invariante par rapport à un groupe continu fini dépendant de p paramètres, il existe p identités (4).

(2) Dans la suite μ, ν = 1, ..., 4 mais cette précision n'est pas indispensable au calcul.

(3) H. Weyl, *Raum, Zeit, Materie*, Berlin, 1920.

(4) E. Noether, *Götting. Nachr.*, 1918, p. 235.

(5) (4) est aussi conséquence de (5) et (6).

(6) F. J. Belinfante, *Physica*, 6, 1939, p. 887.

(7) A. Einstein, *Berl. Ber.*, 42, 1916, p. 1111.

(8) L. Rosenfeld, *Mem. Acad. Roy. Belg.*, Cl. Sc., 2e série, 18, no 6, 1940.

(9) R. C. Tolman, *Phys. Rev.*, 35, 1930, p. 875.

(10) M. A. Tonnelat, *Congrès de Varsovie*, juillet 1962.

(11) S. Mavridès, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2232.

(*Institut Henri Poincaré, Service de Théories physiques.*)

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur le terme en 55 de la théorie unitaire pentadimensionnelle.* Note de M. **Olivier Costa de Beauregard**, présentée par M. Louis de Broglie.

Théorie asymétrique, dans un espace plat à 5 dimensions, d'un graviton-photon couplé à une particule de Dirac. Le couplage en 55 s'y trouve aussi intense que le couplage électromagnétique en $5i$ (i = 1, 2, 3, 4), ce qui suggère l'idée d'un test expérimental du formalisme unitaire pentadimensionnel.

La théorie ici esquissée est une version linéarisée et asymétrique de celle récemment proposée par J.-M. Souriau ([1]). Nous écrivons les équations couplées de la particule de spin 1/2 (« spinion ») et du graviton-photon dans un espace plat à 5 dimensions ($x^4 = ict$, x^5 réel) sous la forme ($\alpha, \beta, \gamma, \ldots = 1, 2, 3, 4, 5$; K complexe)

$$\{\gamma^\beta(\delta_{\alpha\beta} + \mathrm{H}_{\alpha\beta})\,\partial^\alpha - \mathrm{K}\}\,\varphi = 0, \tag{1}$$

$$\partial^\chi_\chi \mathrm{H}_{\alpha\beta} = -2\chi \mathrm{T}_{\alpha\beta} \equiv -\frac{\hbar\chi}{c}\bar{\varphi}[\partial_\alpha]\gamma_\beta\varphi; \tag{2}$$

c, $\hbar$, χ, constantes de la Relativité restreinte, des Quanta, de la Relativité générale; $[\partial_\alpha]$, opérateur du courant de Gordon; $\delta_{\alpha\beta}$, symbole de Kronecker. Les cinq matrices γ^α, avec $\gamma^5 = \gamma^1\gamma^2\gamma^3\gamma^4$, satisfont aux formules de non-commutation

$$\gamma^\alpha\gamma^\beta + \gamma^\beta\gamma^\alpha = 2\delta^{\alpha\beta}. \tag{3}$$

On suppose que φ ne dépend de x^5 que par un facteur $e^{ik_5x^5}$ et que $\mathrm{H}_{\alpha\beta}$, qui est « réel », n'en dépend pas. Les 16 composantes en $i, j, \ldots = 1, 2, 3, 4$ du T_{ij} et du H_{ij} décriront, bien entendu, l'interaction gravitationnelle asymétrique incluant les effets de spin ([2]).

On peut fixer « universellement » la constante réelle k_5 de manière que les termes T_{5i} et H_{5i} décrivent l'interaction électromagnétique. Les contributions en $5\,i$ aux équations (1) et (2), $ik_5\gamma^i\mathrm{H}_{5i}$ et

$$\Box\,\mathrm{H}_{5i} = -2ik_5\frac{\hbar\chi}{c}\bar{\varphi}\gamma_i\varphi,$$

s'identifieront respectivement aux termes électromagnétiques $i(e/hc)\gamma^i\mathrm{A}_i$ et $\Box\mathrm{A}_i = -ie\bar{\varphi}\gamma_i\varphi$ si l'on pose

$$k_5 = \varepsilon_1\sqrt{\frac{e^2}{\hbar c}\,\frac{c}{2\hbar\chi}} = \frac{\varepsilon_1 e}{\hbar\sqrt{2\chi}}, \qquad \varepsilon_1 = \pm 1, \tag{4}$$

et

$$\mathrm{A}_i = \hbar\sqrt{\frac{\chi}{2}}\,\mathrm{H}_{5i}. \tag{5}$$

On remarque que la fréquence (très élevée) k_5 est définie indépendamment de la masse propre du spinion φ, et qu'elle représente donc une propriété de l'Univers.

Montrons que l'une quelconque des deux projections $\psi_\pm$ du φ sur les fonctions propres de γ^5

(6) $$\psi_\pm = \frac{1}{2}(1+\varepsilon_2\gamma^5)\varphi, \qquad \varepsilon_2 = \pm 1,$$

est solution de l'équation de Dirac à 4 dimensions, en ce sens que le terme $\gamma^5\partial_5\varphi = \pm ik_5\gamma^5\varphi$ peut alors être éliminé. On a, en effet,

$$i\varepsilon_1 k_5\gamma^5 - K = i\varepsilon_1 k_5(\gamma^5+\varepsilon_2) - (i\varepsilon_1\varepsilon_2 k_5 + K);$$

si l'on prend la partie imaginaire de K égale à $-i\varepsilon_1$, $\varepsilon_2 k_5$, sa partie réelle s'identifiera au terme de masse propre k du spinion φ. Multipliant (1) à gauche par $\gamma^5 - \varepsilon_2$ et permutant avec l'opérateur $\{\quad\}$ il vient bien

(7) $$\{\gamma^i\partial_i + \gamma^\beta H_{\alpha\beta}\partial^\alpha - k\}\psi = 0,$$

avec

(8) $$\psi = (\gamma^5 - \varepsilon_2)\varphi.$$

Remarquons que les solutions ψ de (1) qui sont aussi fonctions propres de γ^5 sont solutions simultanées de (7) et de l'équation transformée par changement du signe de k; les fonctions propres de l'atome hydrogénoïde, notamment, appartiennent à cette classe.

De ce que la valeur numérique de k_5 est très élevée suivent deux conséquences importantes. D'abord, les termes sources en $i.5$ [proportionnels au « courant magnétique de polarisation » $\bar\varphi[\partial_i]\gamma_5\varphi$ (3)] seront négligeables devant les termes en $5i$; il n'y aura donc pas (de ce point de vue) de différence expérimentale entre la théorie symétrisée et la théorie asymétrique.

En second lieu, le terme source T_{55} (proportionnel au pseudo-invariant $\bar\varphi\gamma^5\varphi$) contient le même facteur fort k_5 que les termes électromagnétiques T_{5i} ou $\bar\varphi\gamma^i\varphi$; ceci devrait permettre de soumettre à un test expérimental l'ensemble de la théorie. Discutons rapidement ce point.

On prendra évidemment une source T_{55} macroscopique, à grand nombre de quanta, sur laquelle on négligera la réaction de la particule d'épreuve, et on la supposera en régime permanent. Si le nuage électronique de cette source obéit à l'équation de Dirac (éventuellement avec potentiel A^i) on aura la relation d'Uhlenbeck et Laporte impliquant la densité de spin $\bar\sigma^i$:

(9) $$\partial_i\bar\psi\gamma^i\psi = 2k\bar\psi\gamma^5\psi \qquad \text{ou} \qquad \partial_i\bar\sigma^i = 2k\omega_2;$$

si donc on exprime l'intensité de la source en fonction de $\partial_i\bar\sigma^i/2k$ plutôt que de la quantité peu familière ω_2, un facteur réducteur sans dimension $\partial_i/2k$ interviendra qui, pour le calcul du champ à une distance moyenne à la source de l'ordre du millimètre, sera de quelques 10^{-10}, soit du même ordre que la valeur relative de l'effet Lamb-Retherford : l'expérience-test proposée semble donc *a priori* possible, mais délicate.

Une idée naturelle serait de réaliser la source au moyen du nuage électronique d'un corps ferromagnétique; il faudrait imposer une divergence aussi forte que possible à la densité de spin $\boldsymbol{\sigma}$, c'est-à-dire à l'intensité d'aimantation **I** ; ceci sera aisé si la source est, par exemple, en forme de couronne cylindrique présentant les pôles + et — sur ses faces courbes. Comme la grandeur physiquement significative sera évidemment **grad** ω_2 (4), on pourra prévoir deux sources coaxiales du type précédent, géométriquement identiques mais magnétiquement symétriques; le lieu d'épreuve optimal serait au centre du dispositif. Comme corps d'épreuve on pourrait prendre l'électron lié de l'atome d'hydrogène; mais alors il faudra éliminer l'effet Zeeman dû au champ magnétique, effet secondaire de la source; ceci sera possible en disposant deux pôles magnétiques sur l'axe général de la source.

Pour achever de définir l'expérience dont le principe est ici proposé il faut évidemment calculer la perturbation aux niveaux d'énergie de l'atome-test causée par la présence du terme H_{55} dans (7).

(1) J.-M. Souriau, Communication au *Colloque Blaise-Pascal*, Clermont-Ferrand, 1962.

(2) O. Costa de Beauregard, *Cahiers de Physique* (sous presse); *voir* aussi *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1073.

(3) O. Costa de Beauregard, *J. Math. pures et appl.*, 22, 1943, p. 156.

(4) Le passage à l'équation du second ordre fait apparaître un couplage en $\bar{\sigma}^l \partial_l \Omega_2$, $\Omega_2 = H_{55}$.

PHYSIQUE THÉORIQUE MOLÉCULAIRE. — *Étude théorique des phénomènes de diffraction des électrons et des rayons X par les molécules d'ammoniac.* Note (*) de M. **Claude Tavard** et Mmes **Monique Roux** et **Marguerite Cornille**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les intensités de diffraction des rayons X et des électrons par les molécules sont généralement calculées par une méthode approchée dite « méthode ponctuelle ». Dans cette approximation, on considère la molécule comme constituée d'atomes non perturbés séparés par les distances d'équilibre. Dans le cas des molécules d'un gaz, on admet, en outre, une distribution isotrope des orientations de ces molécules par rapport au vecteur de diffraction $\vec{s}$.

L'intensité cohérente moyenne pour les rayons X est alors donnée par

$$\bar{I}_c = I_e \sum_i \sum_j f_i f_j \frac{\sin x_{ij}}{x_{ij}} \tag{1}$$

et l'intensité élastique moyenne pour les électrons s'écrit

$$\bar{I}'_c = I'_e \sum_i \sum_j F_i F_j \frac{\sin x_{ij}}{x_{ij}}, \tag{2}$$

où les facteurs de structure f_i et F_i sont définis respectivement par

$$f_i = (I_e)^{\frac{1}{2}} \int \rho_i(\vec{r})\, e^{ik\vec{s}.\vec{r}}\, d\tau, \tag{3}$$

$$F_i = (I'_e)^{\frac{1}{2}} \int \frac{\left[Z_i - \rho_i(\vec{r})\right]}{k^2 s^2} e^{ik\vec{s}.\vec{r}}\, d\tau = \frac{Z_i - f_i}{k^2 s^2}; \tag{4}$$

$\rho_i(\vec{r})$ est la densité électronique de l'atome i; $k = 2\pi/\lambda$, λ étant la longueur d'onde du rayonnement incident, $\vec{s}$ le vecteur de diffraction de module $|\vec{s}| = 2 \sin \theta$, 2θ étant l'angle de diffraction. Les constantes de proportionnalité I_e et I'_e définies dans une mise au point récente sur ces questions ([1]) ne dépendent que des conditions expérimentales et seront prises égales à l'unité dans les calculs.

On a posé dans les expressions (1) et (2)

$$x_{ij} = 4\pi l_{ij} \sin\frac{\theta}{\lambda} = q l_{ij},$$

où l_{ij} est la distance entre les atomes i et j.

L'intensité incohérente, ou inélastique, qui s'ajoute à l'intensité cohérente, ou élastique, pour donner l'intensité totale est calculée par différentes méthodes étudiées dans ([1]).

De telles formules, si elles rendent bien compte des intensités pour l'étude des propriétés géométriques des molécules, ne renseignent pas

sur la répercussion de l'effet de liaison chimique sur les intensités de diffraction. Il a semblé intéressant d'étudier cette dernière contribution dans le cas de la molécule d'ammoniac. Une fonction d'onde d'interaction de configurations calculée par S. Bratož et M. Allavena ([2]) a été utilisée à cet effet; obtenue en méthode des atomes unifiés, elle présente l'avantage de ramener le problème moléculaire à un seul centre. On peut alors calculer les intensités de diffraction par le formalisme atomique ([3]).

Les intensités cohérente et totale sont données par

$$I_c = I_e \left| \int |\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \ldots, \vec{r}_n)|^2 \sum_{\mu=1}^{n} e^{ik\vec{s}.\vec{r}_\mu}\, d\tau \right|^2, \tag{5}$$

$$I_t = I_e \int |\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \ldots, \vec{r}_n)|^2 \left| \sum_{\mu=1}^{n} e^{ik\vec{s}.\vec{r}_\mu} \right|^2 d\tau; \tag{6}$$

où $\Psi(\vec{r}_1, \vec{r}_2, \ldots, \vec{r}_n)$ est la fonction d'onde de la molécule.

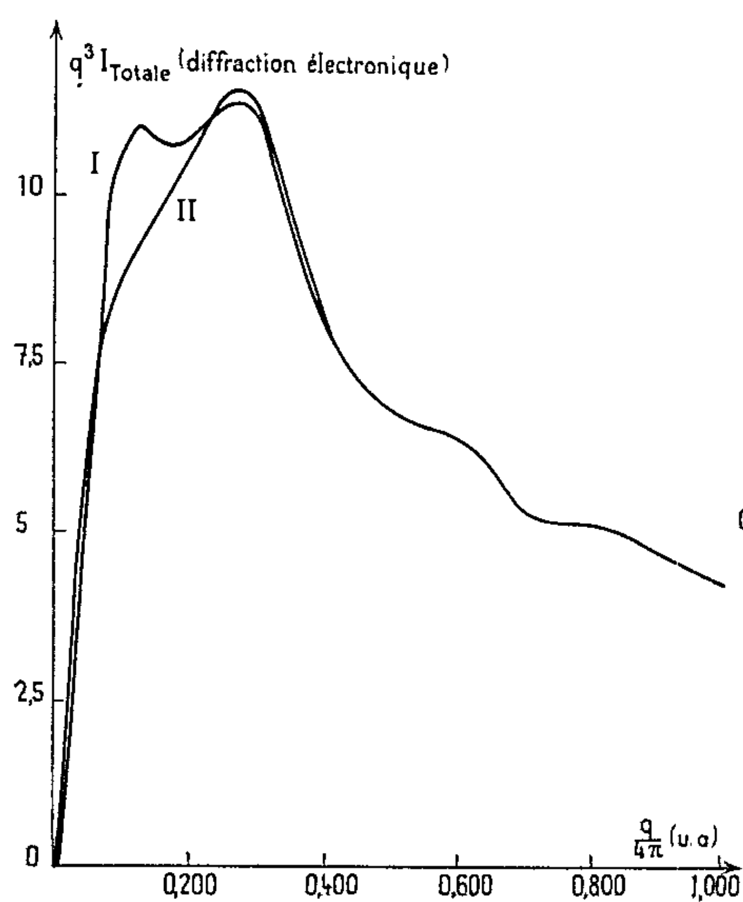


Fig. 1.

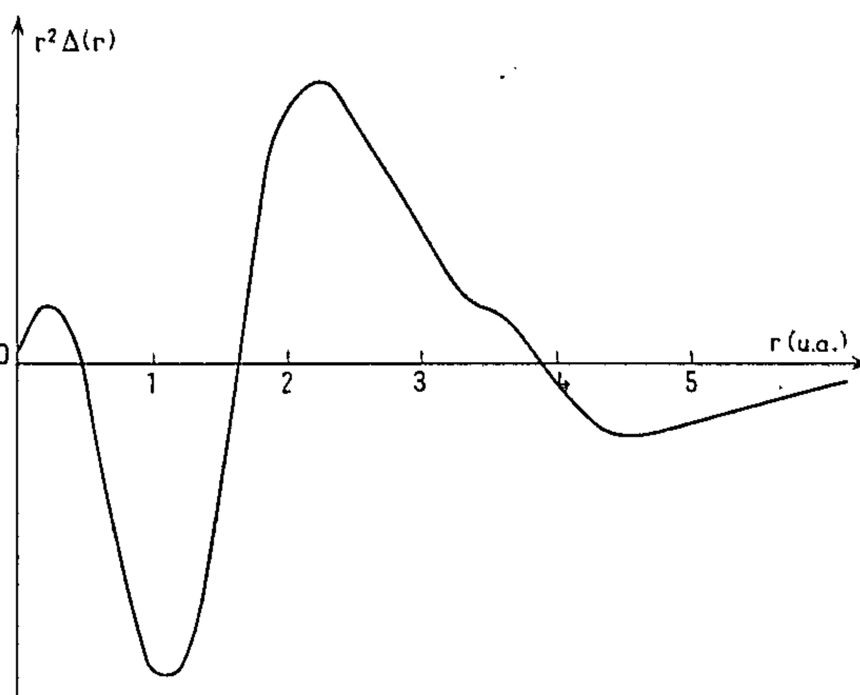


Fig. 2.

Pour la diffraction électronique, on a calculé l'intensité élastique en introduisant l'effet des noyaux d'hydrogène par une méthode analogue à ([2]). L'intensité inélastique est égale à un facteur $1/q^4$ près à l'intensité incohérente.

Les intensités moyennes sont obtenues par les méthodes classiques [([4]), ([5])]. On a pu ainsi comparer les résultats obtenus par cette méthode à ceux obtenus respectivement par les formules (1) et (2). Dans le cas de la diffraction électronique en particulier on observe pour l'intensité totale (*fig.* 1) des différences atteignant 20 % entre le modèle ponctuel (courbe I) et le modèle plus élaboré (courbe II).

Pour expliquer l'origine de ces différences, on a procédé à leur analyse de Fourier. On obtient ainsi la fonction $\Delta(r)$ définie par

$$\Delta(r) = \int_0^\infty \Delta I_{\text{élastique}}\, q^6 \frac{\sin qr}{qr}\, dq \tag{7}$$

et liée à une définition proposée de l'effet de liaison chimique ([6]) par la relation

$$\Delta(r) = 2\sum_i Z_i \int \delta(\vec{r}_i + \vec{r})\, d\Omega, \tag{8}$$

où δ est la fonction de liaison chimique.

La fonction $\Delta(r)$ possède la propriété suivante :

$$\int_0^\infty \Delta(r)\, r^2\, dr = 0. \tag{9}$$

La figure 2 représente la fonction $r^2\,\Delta(r)$. L'existence des régions positives et négatives de cette courbe peut être expliquée par des modifications de la densité électronique dans la molécule, comparée à la simple superposition des atomes.

Des résultats détaillés et l'interprétation des fonctions $\Delta(r)$ seront publiés ultérieurement ([7]).

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) M. Roux et M. Cornille, *Cahiers de Physique*, 138, n° 16, 1962, p. 45.
(2) S. Bratöz et M. Allavena, *J. Chem. Phys.* (sous presse).
(3) I. Waller et D. R. Hartree, *Proc. Roy. Soc.* (A), 124, 1929, p. 119.
(4) R. Mc Weeny, *Acta Cryst.*, 4, 1951, p. 513.
(5) A. J. Freeman, *Phys. Rev.*, 113, 1959, p. 169.
(6) M. Roux et R. Daudel, *Comptes rendus*, 240, 1951, p. 1091.
(7) C. Tavard, *Cahiers de Physique* (sous presse).

(*Laboratoire de Diffraction électronique, Faculté des Sciences, Orsay*
et *Centre de Mécanique ondulatoire appliquée*,
23, *rue du Maroc, Paris*, 19e.)

ÉLECTRICITÉ. — *Phénomènes de relaxation observés dans des circuits résonnants accordés par des condensateurs non linéaires autopolarisés.* Note (*) de MM. **Jean-Claude Hoffmann** et **Jean Bajon**, transmise par M. Charles Camichel.

Les auteurs mettent en évidence les phénomènes de relaxation affectant l'amplitude de la tension alternative apparaissant aux bornes d'un condensateur non linéaire autopolarisé, au voisinage de la résonance du circuit dans lequel il est inséré.

La capacité d'un condensateur non linéaire est une fonction :

— de l'amplitude de la tension alternative V;

— de la tension de polarisation continue V_{pol}

appliquées à ses bornes.

Dans un circuit résonnant série alimenté à tension E et fréquence *f* constante, la tension V est fonction de la tension de polarisation V_{pol}.

Une courbe $V(V_{pol})_E$ tracée au voisinage de la résonance, est représentée sur la figure 1.

Elle a l'allure classique des courbes de résonance non linéaires, c'est-à-dire dissymétriques et affectées de discontinuité et d'hystérésis ([1]).

La tension de polarisation V_{pol} peut être obtenue par redressement de la tension alternative V.

Il existe donc une caractéristique $V_{pol}(V)$ imposée extérieurement au circuit.

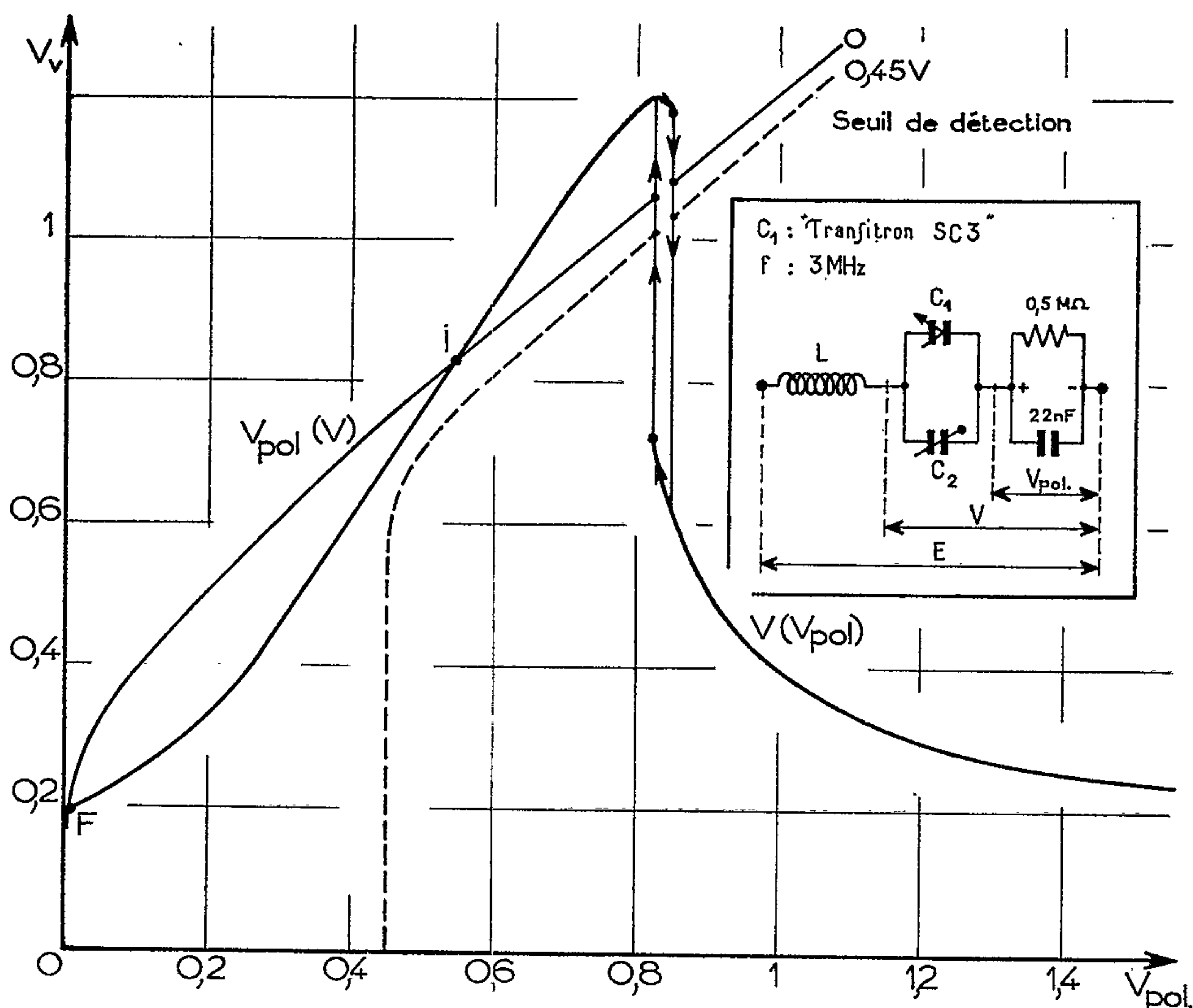


Fig. 1.

L'état du système peut se déterminer par l'intersection de la courbe de résonance : $V(V_{pol})_E$ avec la caractéristique de redressement $V_{pol}(V)$.

Dans le cas général, cette intersection s'opère en trois points (*fig.* 1) :

— un point F, correspondant à un fonctionnement stable à polarisation nulle ou très faible;

— un point I, correspondant à un fonctionnement virtuel ne se manifestant pas expérimentalement;

— une zone d'intersection, comprise entre les deux discontinuités de $V(V_{pol})_E$ et correspondant à un fonctionnement astable.

Dans ce dernier cas, une relaxation se manifeste dans l'amplitude de la tension alternative V qui va osciller entre deux régimes correspondant aux branches inférieure et supérieure du cycle d'hystérésis.

Cette « automodulation » spontanée est visible sur l'oscillogramme de la figure 2.

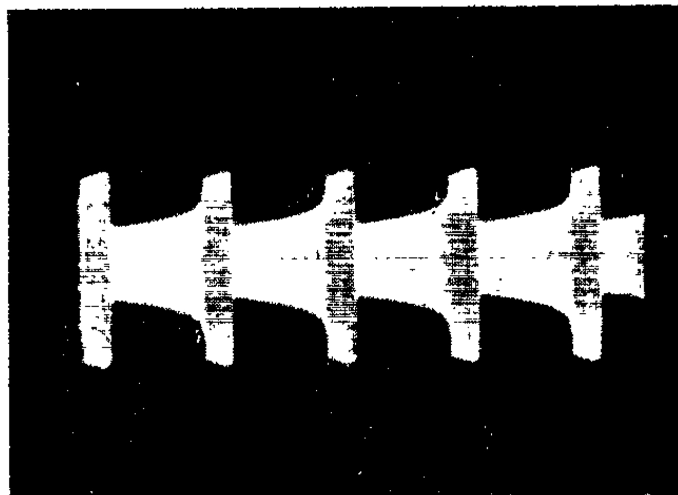


Fig. 2.

La fréquence de la relaxation est fonction de la constante de temps de la caractéristique de redressement, ainsi que de l'amplitude des discontinuités.

Pour que la relaxation apparaisse dès la mise sous tension du circuit il est intéressant que l'intersection des deux courbes se produise uniquement dans la zone de discontinuités, donc supprimer les points F et I. Pour celà, un seuil peut être introduit dans la caractéristique de redressement $V_{pol}(V)$, comme l'indique la courbe en pointillés de la figure 1.

Lorsque le condensateur non linéaire est du type semi-conducteur (capacité silicium, « varicap ») les deux fonctions : capacité non linéaire et redressement, peuvent être effectuées par le même élément (« autopolarisation »). Pour cela, il suffit de brancher, en série avec lui, un « bloc de détection » formé d'une résistance et d'une capacité en parallèle.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 180.

(*Laboratoire d'Électronique et Haute-Fréquence, E.N.S.E.E.H.T., 2, rue Camichel, Toulouse.*)

MAGNÉTISME. — *Points de Curie et moments des borures ferromagnétiques du groupe du fer de type* M_2B, MB, $(M_1, M_2)_2B$ *et* $(M_1, M_2)B$. Note (*) de Mme **Marie-Claire Cadeville** et M. **André J.-P. Meyer**, transmise par M. Gabriel Foëx.

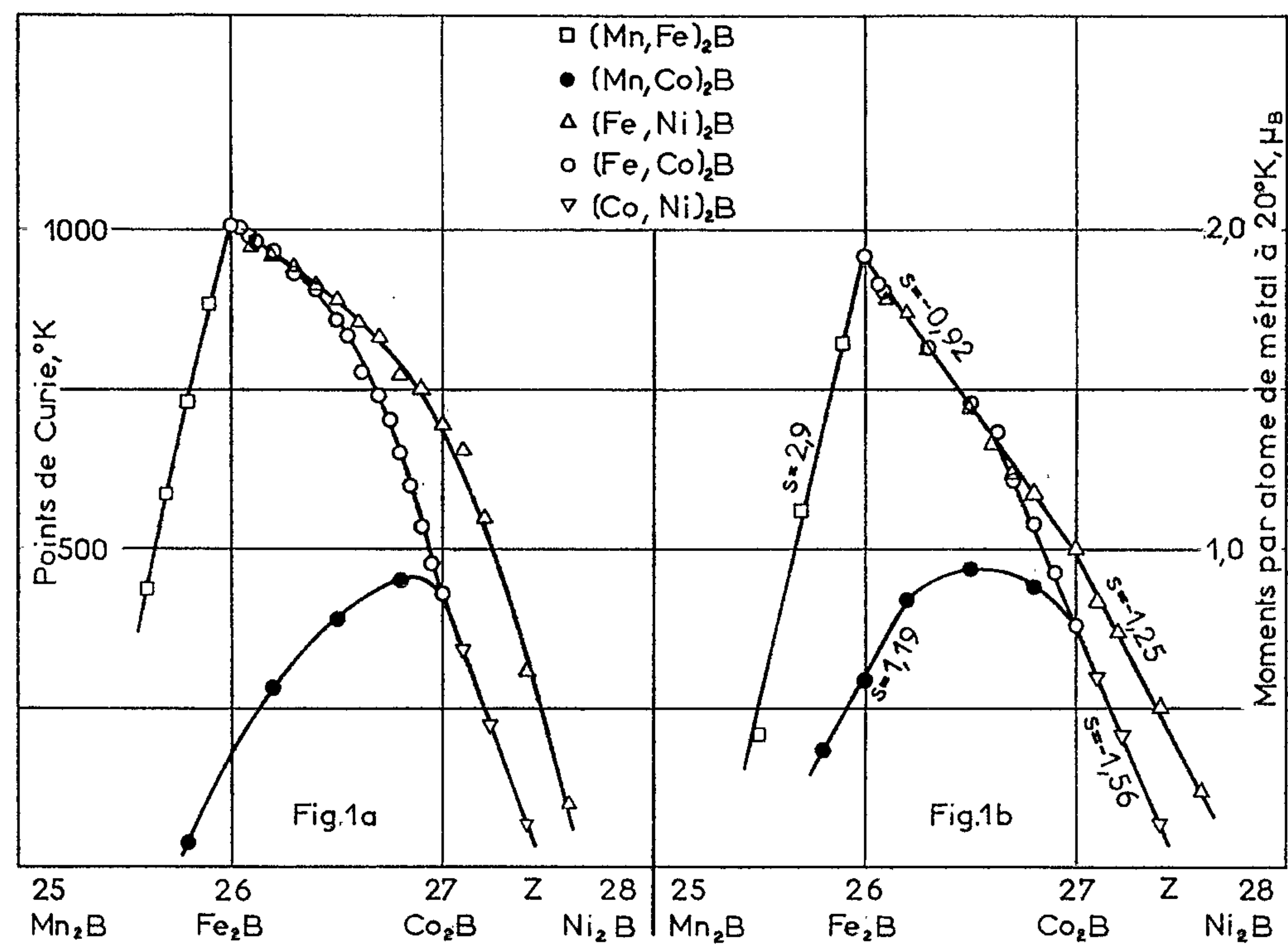
Les borures M_2B des métaux de transition du groupe du fer (M = Mn, Fe, Co, Ni) ou « borures à atomes de bore isolés » (1) sont isomorphes, de structure quadratique type Al_2Cu (1). Ils peuvent former entre eux des solutions solides continues (2). Les monoborures MB, ou « borures avec chaînes de bore » (1) sont de structure orthorhombique mais de deux types différents : type FeB (M = Mn, Fe, Co) ou type CrB (M = Cr, Ni) (1). Des solutions solides existent également dans le groupe du type FeB(2).

Fe_2B et Co_2B d'une part, MnB et FeB d'autre part, étant connus comme ferromagnétiques, nous nous sommes proposés d'étudier les autres composés M_2B et MB ainsi que des solutions solides binaires $(M_1, M_2)_2B$ et $(M_1, M_2)B$. Nous donnons ici les premiers résultats de ce travail.

Les alliages ont été préparés par fusion dans un four à induction, à partir de bore cristallisé à 99,8 % et de métaux de pureté supérieure à 99,9 % et si nécessaire homogénéisés par recuit. Nous avons déterminé les points de Curie des alliages ferromagnétiques par analyse thermomagnétique et mesuré leurs aimantations par extraction axiale en fonction du champ à 20°K. Les aimantations à saturation à 20°K sont déduites des lois d'approche $\sigma_{H,T} = \sigma_{\infty,T}(1 - b/H_i^2)$. Les résultats sont présentés en moments par atome de métal dans l'alliage et exprimés en magnétons de Bohr.

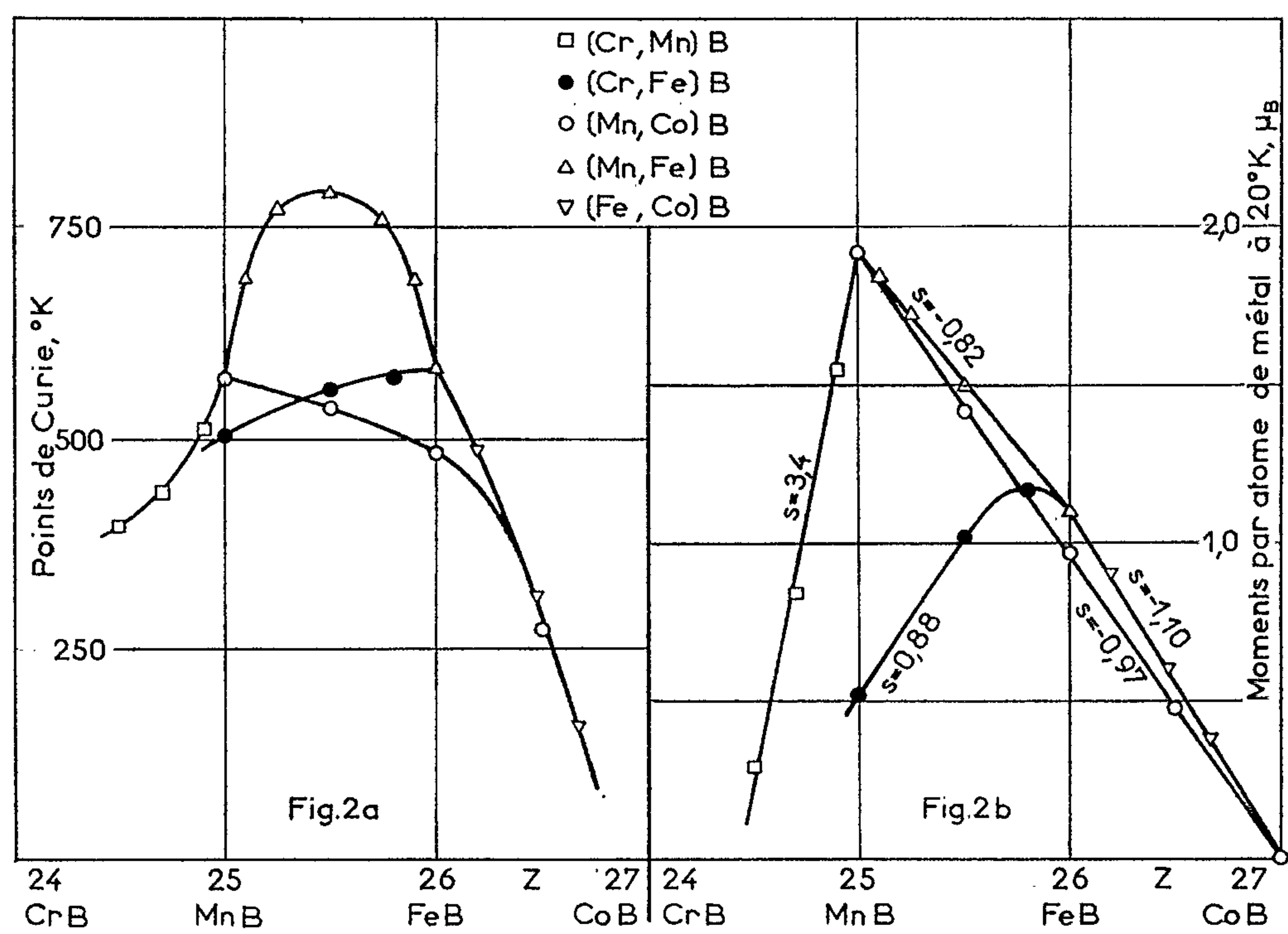
A. *Alliages type* M_2B *et* $(M_1, M_2)_2B$. — Fe_2B déjà étudié par Weiss et Forrer (3) et Co_2B (4) sont bien ferromagnétiques contrairement à Mn_2B et Ni_2B. Les alliages binaires $(M_1, M_2)_2B$ ferromagnétiques sont mentionnés dans les figures 1 *a* et 1 *b* où l'on a porté les points de Curie et moments en fonction de la densité électronique moyenne Z de l'élément métallique dans l'alliage. On remarque la similitude des deux graphiques : points de Curie et moments croissent rapidement avec Z dans le système $(Mn, Fe)_2B$, atteignent un maximum pour Fe_2B, puis dans les systèmes $(Fe, Ni)_2B$ d'une part, et $(Fe, Co)_2B$ prolongé par le système $(Co, Ni)_2B$ d'autre part, décroissent plus lentement pour s'annuler avant Ni_2B. Le système $(Mn,Co)_2B$ présente un maximum atténué des points de Curie et moments avant de se raccorder aux alliages $(Co, Ni)_2B$. La variation des moments en fonction de Z peut, dans presque tous les systèmes $(M_1, M_2)_2B$, être représentée à la précision des mesures près par des variations linéaires continues ou partielles, dont les pentes $s = \Delta M/\Delta Z$ sont indiquées dans la figure.

B. *Alliages type* MB *et* $(M_1, M_2)B$. — MnB [(5), (7), (8)] et FeB [(6), (7), (8)] sont connus comme ferromagnétiques ainsi que quelques alliages des solutions (Cr, Mn)B (7), (Mn, Fe)B (7) et (Fe, Co)B (6). Nous avons repris et complété l'étude de ces alliages. L'ensemble de nos mesures est repré-



□ (Mn,Fe)₂B
● (Mn,Co)₂B
△ (Fe,Ni)₂B
○ (Fe,Co)₂B
▽ (Co,Ni)₂B
1000
500
Points de Curie, °K
Fig.1a
Fig.1b
s=2,9
s=-0,92
s=-1,19
s=-1,25
s=-1,56
2,0
1,0
Moments par atome de métal à 20°K, μB
25 26 27 Z 28
Mn₂B Fe₂B Co₂B Ni₂B

Fig. 1.



□ (Cr,Mn) B
● (Cr,Fe) B
○ (Mn,Co) B
△ (Mn,Fe) B
▽ (Fe,Co) B
750
500
250
Points de Curie, °K
Fig.2a
Fig.2b
s=3,4
s=-0,82
s=0,88
s=-1,10
s=-0,97
2,0
1,0
Moments par atome de métal à 20°K, μB
24 25 26 Z 27
CrB MnB FeB CoB

Fig. 2.

senté sur les figures 2 *a* et 2 *b*. Nos résultats confirment ceux déjà connus à l'exception de CoB qui avait été décrit comme ferromagnétique par Lundquist et Myers [(7), (8)], alors que nos échantillons sont diamagnétiques avec X (g) = —0,3.10^{-6} à 290°K. Le composé n'est pas stable au-dessus de 200°C et se transforme partiellement en Co_2B. Notre résultat concorde d'ailleurs avec les moments et points de Curie observés sur les alliages stables des solutions (Fe, Co)B et (Mn, Co)B.

Malgré les différences de structure entre les groupes de borures des types FeB et CrB, nous avons observé l'existence de solutions solides dans les intervalles de concentrations rapportés dans les figures 2 *a* et 2 *b*, dans les systèmes (Cr, Mn)B et (Cr, Fe)B.

La similitude d'allure des variations $\theta = f(Z)$ et $M = f(Z)$ observée dans les systèmes $(M_1, M_2)_2B$ n'existe pratiquement pas. Les points de Curie passent par un maximum vers la composition équiatomique des (Mn, Fe)B, tandis que le moment le plus élevé est celui de MnB. La variation des moments est de même allure générale que celle des alliages $(M_1, M_2)_2B$ comme le montre la comparaison des figures 1 *b* et 2 *b*; plus particulièrement on note que le maximum de 1,92 μ_B des moments observé dans les deux systèmes est le même et que les pentes *s* ont des valeurs rapprochées dans les mêmes régions : proches de 3 μ /électron à gauche des maximums des courbes et voisines de —1 μ_B/e à leur droite. Cependant les courbes des deux systèmes présentent un décalage d'abscisse ΔZ = 1,0 électron.

Ce décalage s'explique si l'on suppose que dans les deux types d'alliages $(M_1, M_2)_2B$ et $(M_1, M_2)B$ le bore cède aux couches 3 *d* des atomes de métal un nombre d'électrons grossièrement constant et qu'on estime voisin de 1,7. Si les parties décroissantes des deux courbes $M = f(Z)$ aux pentes voisines de —1 μ /e s'interprètent facilement par le remplissage progressif en fonction de Z des couches 3 *d* des atomes de métal, il n'en est pas de même pour les parties croissantes des courbes dont les pentes élevées proches de 3 μ/e traduisent une apparition rapide des conditions normales de ferromagnétisme atteintes aux maximums des courbes, cette croissance rapide n'étant cependant pas la règle générale puisqu'elle n'est que d'environ 1 μ/e dans les systèmes $(Mn, Co)_2B$ et (Cr, Fe)B.

Nous donnerons ailleurs les valeurs numériques de nos résultats ainsi que leur discussion détaillée.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) R. KIESSLING, *Act. Chem. Scand.*, 4, 1950, p. 211-213.
(2) G. HAGG et R. KIESSLING, *J. Inst. Met.*, 81, 1952.
(3) P. WEISS et R. FORRER, *Ann. Phys.*, 12, 1929, p. 279.
(4) BINET DU JASSONNEIX, *Eight international Congress of Applied chemistry*, II, p. 169.
(5) R. HOCART et M. FALLOT, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1062.
(6) R. FRUCHART, *Thèse*, Lille, 1958.
(7) N. LUNDQUIST et H. P. MYERS, *Ark. Fys.* (Sweden), 20, 1961, Paper 30.
(8) N. LUNDQUIST, H. P. MYERS et R. WESTIN, *Phil. Mag.*, 17, n° 79, 1962, p. 1187.

(*Laboratoire Pierre Weiss, Institut de Physique, Strasbourg.*)

OPTIQUE CRISTALLINE. — *Spectre d'absorption optique du sulfate de chrome et de guanidinium hexahydraté*. Note (*) de Mlle **Françoise Brunetière**, présentée par M. Jean Lecomte.

Nous avons étudié le spectre optique du composé sous forme de monocristaux orientés, en lumière polarisée et à basse température. Nous expliquons les divergences entre nos résultats et ceux de résonance paramagnétique, par le fait qu'il existe un changement de phase cristalline dans le sel pur entre 20 et 77°K.

Le sulfate de chrome et de guanidinium hexahydraté, de formule $C(NH_2)_3^+ Cr^{3+} (SO_4)_2^{2-}$, 6 H_2O, et les sels qui lui sont isomorphes présentent un intérêt nouveau dû à la découverte de leur ferroélectricité (1).

Le sel isomorphe de gallium possède, à température ordinaire, la symétrie C_{3v}^2, P 31 *m* [(2), (3)], et la maille élémentaire renferme trois fois la formule. Deux des ions trivalents de la maille sont dans des sites de symétrie C_3 et le troisième dans un site de symétrie C_{3v}. Les cristaux contenant des ions Cr^{3+} se présentent sous la forme de plaquettes violet foncé, rhomboédriques, ayant un clivage parfait perpendiculairement à l'axe de symétrie A_3. Ils ont, à température ordinaire, les propriétés optiques des uniaxes négatifs (4).

Les résultats donnés ici concernent des spectres d'absorption optique, obtenus en lumière polarisée, sur des monocristaux orientés, à basse température (20 et 4°K). Une étude semblable à la nôtre a déjà été faite à la température de l'azote (77°K) (5) sur un sel dilué par l'aluminium. Nous avons utilisé deux spectrographes, l'un donnant une dispersion d'environ 150 cm^{-1}/mm, l'autre de 1,2 cm^{-1}/mm vers 14 000 cm^{-1}.

L'étude à faible résolution montre que, dans le domaine du visible, le spectre du sulfate de chrome et de guanidinium présente les caractéristiques des spectres de l'ion paramagnétique Cr^{3+}, quand celui-ci est au centre d'un octaèdre de molécule d'eau (aluns) (6) ou d'ions oxygènes (rubis) (7) : dans le sens des nombres d'onde croissants, on observe des raies fines dans le rouge que nous désignerons par R et R′, quelques raies plus floues, une large bande intense (U) présentant un maximum dans le vert aux alentours de 17 800 cm^{-1}, une deuxième série de raies dans le bleu, dont deux très fines B_1 et B_2 et une autre bande (Y), très intense, dans le violet et l'ultraviolet. La bande d'absorption U du spectre correspondant à la composante parallèle à A_3 du vecteur électrique E ($U_{\parallel}$) a, vers les hautes fréquences, une largeur supérieure de 450 cm^{-1} à celle de la bande correspondant à la composante perpendiculaire de E ($U_{\perp}$). La largeur totale de $U_{\parallel}$ est de 4 050 cm^{-1} environ, et celle de $U_{\perp}$ de 3 600 cm^{-1}; cette différence de 450 cm^{-1} se retrouve également au début des bandes $Y_{\parallel}$ et $Y_{\perp}$. Les nombres d'onde, σ, des raies du sulfate de chrome et de guanidinium sont relevés dans le tableau I avec les inten-

sités relatives, I, des différentes composantes, et leurs largeurs, L. La polarisation des deux raies fines de la région bleue, B_1 et B_2, montre que ces raies proviennent de transitions dipolaires électriques.

Nous avons étudié les raies R et R′ à plus grande résolution. A 77°K, l'une des raies, deux fois plus intense que l'autre, est légèrement polarisée. Le tableau II donne les nombres d'onde de R et R′ aux températures de 20°K, 4°K et 1,7°K.

TABLEAU I.

T = 20°K.						T = 4°K.					
$E_{\parallel}$.			$E_{\perp}$.			$E_{\parallel}$.			$E_{\perp}$.		
σ (cm⁻¹).	I.	L.	σ (cm⁻¹).	I.	L.	σ (cm⁻¹).	I.	L.	σ (cm⁻¹).	I.	L.
14111	F	te	14111	F	te	21991	F	e	21991	F	e
14130	F	te	14131	F	te	22015	F	e			
14201	f	l	14203	tf	l	22117	f	l			
14236	m	l	14233	f	l	22144	f	l			
14265	m	l	14264	m	l				22179	m	l
14298	F	l	14298	tf	l	22201	f	l	22202	m	l
14322	m	l	14323	tf	l	22243	f	l			
14441	m	tl				22255	f	l			
14645	m	tl	14636	m	l				22288	f	l
			14651	f	l	22294	f	l			
			14735	f	l	22310	f	l			
			14862	f	l				22391	f	l
15330	m	l	----	f	l				----		
15450	F	tl	15151	f	l				22438	f	l
15616	F	tl	15322	f	l	22524	F	l	22525	F	tl

Notations : F, forte; f, faible; m, moyenne; tf, très faible; tl, très large; e, étroite; ---, raie non mesurable.

TABLEAU II.

	E.	20°K.	4°K.	1,7°K.
R	$E_{\perp} A_3$	14111,20 cm⁻¹	14111,35 cm⁻¹	14111,45 cm⁻¹
	$E_{\parallel} A_3$	14111,00 »	14111,30 »	14111,45 cm⁻¹
R′	$E_{\perp} A_3$	14130,90 »	14130,10 »	14130,15 »
	$E_{\parallel} A_3$	14130,85 »	14130,15 »	14130,15 »

Discussion. — Les composantes des bandes ne semblent pas présenter de structure. Leur existence est attribuée [7] à des transitions ${}^4A_2 \rightarrow {}^4F_2$ pour U, ${}^4A_2 \rightarrow {}^4F_1$ pour Y, les niveaux ${}^4F_2$ et ${}^4F_1$ se décomposent dans un champ ternaire comme suit : ${}^4F_2 \rightarrow {}^4E$ et ${}^4A_1$ et ${}^4F_1 \rightarrow {}^4E$ et ${}^4A_2$. Les transitions permises sont : ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4A_1$ pour $U_{\parallel}$, ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4E$ pour $U_{\perp}$, ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4A_2$ pour $Y_{\parallel}$ et ${}^4A_{2g} \rightarrow {}^4E$ pour $Y_{\perp}$, ce qui explique les décalages observés en fréquence suivant les directions relatives de l'axe du cristal et du vecteur champ électrique.

Dans le rubis (7), les raies fines bleues B_1 et B_2 proviennent de transitions $^4A_2 \rightarrow {}^2F_2$, le niveau $^2F_2$ se décomposant en deux sous-niveaux $2\bar{A}$ et $\bar{E}_\alpha$ sous l'action du champ ternaire, et les raies les plus fines de la région rouge R_1 et R_2 de largeur 0,6 cm^{-1}, à 20°K, pour une concentration $Cr_2/(Al_2O_3 + Cr_2O_3) = 0{,}28$ %, s'expliquent par des transitions $^4A_2 \rightarrow {}^2E$. La finesse relative des raies R et R', malgré la grande concentration en ions Cr^{3+}, est attribuée au fait que, dans les cristaux non dilués, l'entourage cristallin se trouve être le même pour tous les ions.

Le niveau de base $^4A_2$ est séparé par la composante ternaire du champ cristallin en deux doublets de Kramers présentant une différence d'énergie, δ, trop faible pour dédoubler les raies R et R'. En résonance paramagnétique, où l'on travaille sur un sel dilué [(8), (9)] [$Cr/(Al + Cr) = 0{,}2$], on observe deux spectres d'intensité double l'une de l'autre, qu'on attribue à deux familles d'ions Cr^{3+}, situés dans des entourages cristallins différents, donc soumis à des champs électriques différents (un ion dans un site pour deux ions dans l'autre). Cette conclusion concorde bien avec les résultats de structure (2).

Par effet Zeeman, sur le sel non dilué, on obtenait bien $\delta R \neq \delta R'$ (10), mais les valeurs de δ étaient différentes des résultats de résonance paramagnétique. Dans le spectre du sel, que nous avons étudié, R et R' ont même intensité. Ces divergences peuvent s'expliquer par l'existence d'un changement de phase cristalline se produisant seulement lorsque la concentration en ions Cr^{3+} est élevée : cette modification de structure pouvant entraîner en particulier l'égalité du nombre d'ions paramagnétiques dans les deux sites.

De l'étude du diagramme d'énergie des électrons d^3 (7) et de la fréquence des raies B_1 et B_2 du spectre d'absorption, nous avons tiré la valeur du facteur de Racah $B = 730$ cm^{-1} et la grandeur du champ cristallin caractérisé par D_q compris entre 1600 et 2 000 cm^{-1}.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) A. N. HOLDEN, B. T. MATHIAS, W. J. MERTZ et J. P. REMEIKA, *Phys. Rev.*, 98, 1955, p. 546.
(2) E. A. WOOD, *Acta Cryst.*, 9, 1956, p. 618.
(3) S. GELLER et D. P. BOOTH, *Z. Krist.*, 3, 1958, p. 117-128.
(4) F. FERRABOSCHI, *Proc. Cambridge Phil. Soc.*, 14 V, 1908, p. 473.
(5) R. M. MACFARLANE et W. A. RUNCIMAN, *Phil. Mag.*, juillet 1962, p. 1081.
(6) D. L. KRAUS et G. C. NUTTING, *J. Chem. Phys.*, 9, 1941, p. 133-145.
(7) S. SUGANO et T. TANABE, *J. Phys. Soc. Japan*, 13, 1958, p. 880-910.
(8) J. M. DANIELS et H. WESSEMEYER, *Can. J. Phys.*, 36, 1958, p. 144.
(9) G. S. BOGLE, J. R. GABRIEL et G. A. BOTTOMLEY, *Trans. Far. Soc.*, 53, 1957, p. 1058-1060.
(10) L. COUTURE et F. BRUNETIÈRE, *Congrès B. T.*, Toronto, 1960.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Les effets de dispersion liés à l'absorption de fluorescence résonante des noyaux atomiques*. Note de M. **Alfred Kastler**, présentée par M. Gustave Ribaud.

L'auteur montre que l'emploi de milieux dispersifs de forte densité optique doit permettre l'observation des effets de biréfringence et de polarisation rotatoire magnétique liés à l'absorption résonante.

Des tentatives récentes ont été faites pour développer une polarimétrie dans le domaine des rayons γ de haute énergie [1]. Nous nous proposons de montrer que dans le domaine des basses énergies, le rayonnement de fluorescence résonante se prête également au développement des techniques polarimétriques.

Aux raies d'absorption de fluorescence résonante sont associées des courbes de dispersion anormale. Désignons par 2δ la « largeur naturelle » des raies liée à la durée de vie τ du niveau excité par la relation $2\delta = 1/(2\pi\tau)$.

A une distance de la raie « grande par rapport à δ » le coefficient d'absorption k et l'indice de réfraction n sont donnés par

$$(1)\qquad k = k_0 \frac{\delta^2}{(\nu - \nu_0)^2} \qquad \text{et} \qquad n - 1 = \frac{c}{4\pi} \frac{\delta . k_0}{\nu_0(\nu - \nu_0)}.$$

Le déphasage d'une vibration ayant traversé une épaisseur z du milieu est

$$(2)\qquad \varphi = \frac{2\pi(n-1)z}{\lambda} \approx \frac{\delta}{2(\nu - \nu_0)} k_0 z.$$

Alors que l'absorption décroît comme $(\nu - \nu_0)^{-2}$ la dispersion ne décroît que comme $(\nu - \nu_0)^{-1}$. En choisissant un milieu dispersif à forte densité optique au centre de la raie, on peut trouver à une distance suffisante de ce centre une région spectrale où l'absorption est devenue faible, mais où le déphasage est très important. Ce déphasage devient observable lorsque la raie d'absorption est décomposée en plusieurs composantes de polarisations différentes. La différence de phase associée à des composantes linéaires orthogonales se manifeste alors comme biréfringence, celle associée à des composantes circulaires inverses se manifeste comme rotation du plan de polarisation (effet Faraday). Des décompositions de raies sont obtenues, soit par effet Zeeman, soit par effet quadrupolaire.

Ces effets sont faciles à mettre en évidence dans le cas de la fluorescence résonante sans recul [2]. Il est alors possible, grâce au mouvement relatif de la source de rayonnement et du milieu dispersif, d'amener une raie d'émission au milieu d'une région de transparence entre deux bandes d'absorption, là où les dispersions des deux bandes sont en sens inverse et donnent un effet différentiel particulièrement ample.

Considérons l'exemple du ^{57}Fe dans le fluosilicate ferreux [3]. Dans ce cristal uniaxe la transition de 14,4 keV, entre l'état excité $i' = 3/2$ et l'état fondamental $i = 1/2$, de largeur naturelle $2\delta = 1$ Mc/s, est décomposée par effet quadrupolaire en deux composantes écartées de $\Delta\nu = 40$ Mc/s. La composante de basse fréquence A correspond à la transition $m'_i = \pm 3/2 \rightarrow m_i = \pm 1/2$ et la composante de haute fréquence B à la transition $m'_i = \pm 1/2 \rightarrow m_i = \pm 1/2$. Le rapport d'intensité de ces deux composantes est 3/2. Comme le gradient du champ électrique est parallèle à l'axe optique du cristal, la raie A est complètement polarisée lorsqu'on l'observe dans une direction perpendiculaire à l'axe, la raie B n'est que partiellement polarisée. En utilisant comme source lumineuse une lame de fluosilicate ferreux C_1 (contenant du ^{57}Co) taillée parallèlement à l'axe, en observant les photons émis normalement à son plan de taille et en les faisant traverser une lame absorbante de fluosilicate ferreux C_2 taillée de la même façon mais dont l'axe optique est croisé avec celui de C_1, on peut supprimer la composante B. Celle-ci est en effet absorbée par la composante B′ de C_2 alors que la composante A ne peut pas être absorbée par la composante A′ qui lui est orthogonale. L'ensemble $C_1 C_2$ fournit une raie unique A complètement polarisée. Plaçons après cet ensemble une lame C_3 identique à C_2 mais dont l'axe est à 45° de celui de C_1 et de celui de C_2, et approchons C_3 de l'ensemble $C_1 C_2$ avec une vitesse de 1,7 mm/s. Le déplacement Doppler qui en résulte permet d'amener la raie d'émission A au milieu de la fenêtre de transparence entre les deux raies d'absorption A″ et B″ de C_3. L'application des relations (1) et (2) montre qu'on peut atteindre une différence de phase de l'ordre de $\pi/2$ entre les composantes orthogonales de A orientées suivant les lignes neutres de C_3, à la condition de donner à C_3 une épaisseur optique égale à $k_0 z = 40$ au centre de la raie d'absorption A″. Dans ces conditions, la transparence de C_3 pour A, au milieu de la fenêtre A″ B″, reste supérieure à 90 %. C_3 joue le rôle d'une lame quart d'onde qui transforme la vibration rectiligne A en vibration circulaire. Une rotation de C_3 de 90° dans son plan permet d'inverser le sens de cette vibration circulaire. Pour étudier la forme et l'orientation de la vibration sortant de C_3, on peut employer comme » analyseur » une quatrième lame C_4 analogue à C_2 et C_3 et la faire tourner dans son plan.

Il suffit de remplacer C_3 par une lame de fer doux soumise à un champ magnétique parallèle à la direction d'observation pour obtenir sur A un effet Faraday. Sous l'influence du champ magnétique interne du fer égal à $3,3.10^5$ Oe, la raie d'absorption du fer est décomposée en six composantes Zeeman [4]. Dans la direction parallèle au champ, seules les quatre composantes $\Delta m = \pm 1$ interviennent. La raie se compose alors d'un doublet intérieur dont les composantes de polarisation circulaire inverse sont écartées de + 10 et — 10 Mc/s du centre de symétrie et d'un doublet extérieur dont les composantes également de polarisation circulaire inverse

sont écartées de + 65 et — 65 Mc/s du centre. Les composantes externes sont trois fois plus intenses que les composantes internes. Ici encore, on peut par un mouvement relatif convenable amener la raie A de $C_1 C_2$ au milieu d'une fenêtre de transparence entre deux raies d'absorption du fer, et l'on obtient ainsi une rotation importante du plan de polarisation qu'on peut inverser en inversant le sens de l'aimantation dans le fer.

Les expériences que nous proposons exigent l'emploi de milieux dispersifs de forte densité optique ($k_0 z \approx 80$). Il convient d'examiner si dans de tels milieux l'absorption non résonante électronique ne devient pas prohibitive. La section efficace de l'absorption résonante nucléaire du ^{57}Fe est $\sigma'_0 = 1,5 . 10^{-18}$ cm² [(2), p. 37]. D'après Hanna et al. (5) l'absorption non sélective électronique du ^{57}Fe est 300 fois plus faible que l'absorption résonante nucléaire. Elle vaut donc $0,5 . 10^{-20}$ cm².

Dans le cas le plus favorable où le milieu dispersif contient du ^{57}Fe à 100 % une épaisseur du milieu qui réalise des valeurs de l'ordre de $k_0 z = 100$ pour l'absorption résonante correspond donc à une valeur de kz de l'ordre de 0,3 pour l'absorption non résonante. Cette absorption non sélective n'est pas gênante. Elle peut être compensée par le choix d'une source suffisamment intense de radiation. La réalisation des expériences projetées est donc possible dans le cas du fer, à la condition d'utiliser des milieux absorbants et dispersifs enrichis en ^{57}Fe.

Nous devons remarquer qu'en cas de très forte absorption dans la région centrale, le profil du bord de raie ne dépend que de la largeur naturellle, et que l'étude de l'absorption sur ce bord permet la détermination de la durée de vie de l'état excité même en présence d'autres causes d'élargissement (6).

(1) N. CABIBBO et al., *Phys. Rev. Lett.*, 9, 1962, p. 270 et 435.
(2) H. FRAUENFELDER, *The Mössbauer Effect*, Benjamin Inc., New-York, 1962.
(3) C. E. JOHNSON, W. MARSHALL et G. J. PERLOW, *Phys. Rev.*, 126, 1962, p. 1503.
(4) S. S. HANNA et al., *Phys. Rev. Lett.*, 4, 1960, p. 177; O. C. KISTNER et A. W. SUNYAR, *Phys. Rev. Lett.*, 4, 1960, p. 412.
(5) S. S. HANNA et al., *Phys. Rev. Lett.*, 4, 1960, p. 28.
(6) A. C. G. MITCHELL et M. W. ZEMANSKY, *Resonance Radiation and Excited Atoms*, Cambridge University Press, 1934, p. 128.

(*Laboratoire de Physique de l'École Normale Supérieure, Paris.*)

RÉSONANCE NUCLÉAIRE. — *Sur la largeur de la raie de résonance magnétique nucléaire de l'eau zéolitique.* Note (*) de M. **Yves Ayant**, transmise par M. Louis Néel.

On dispose actuellement d'étude expérimentale importante sur la résonance magnétique du proton de l'eau absorbée dans les zéolites, étude portant tant sur le dédoublement de la raie du proton que sur la largeur des composantes de cette raie, donc sur le temps T_2, quantités qui dépendent de l'orientation du champ magnétique directeur par rapport au cristal. Nous nous proposons ici d'esquisser une théorie de T_2.

1. *Formules donnant* T_2. — Bornons-nous à considérer l'effet des couplages dipôle-dipôle entre protons de la même molécule. Choisissons un système d'axes OXYZ, tels que OZ soit parallèle au champ directeur H_0 ($= \omega_0/\gamma$); soient $\hat{\theta}$, $\hat{\varphi}$ les coordonnées sphériques du vecteur H-H de longueur r. Le couplage dipôle-dipôle ayant en général une valeur moyenne non nulle, celle-ci s'ajoute à l'hamiltonien Zeeman et est responsable du dédoublement de la raie (supposé faible devant ω_0). Cela donne naissance à quatre niveaux, dont un, antisymétrique, ne jouera aucun rôle ici; les autres niveaux sont :

$$\pm \hbar\omega_0 - \frac{\varepsilon}{2}, \quad \varepsilon; \qquad \varepsilon = \gamma^2 r^{-3} \hbar^2 \overline{P_2(\cos\theta)}.$$

Nous calculons T_2 en utilisant la technique des fonctions de corrélation quantiques [1]; donnons simplement les résultats :

a. $\varepsilon = 0$ (eau libre, zéolites cubiques);

$$\frac{1}{T_2} = A + B;$$

b. $\varepsilon \neq 0$ (zéolites noncubiques) :

$$\frac{1}{T_2} = A.$$

A et B s'expriment à l'aide des densités spectrales $X_\mu(\omega)$ des quantités

$$(1) \quad \left\{ \begin{aligned} x_0 &= \gamma^2 \hbar r^{-3} P_2(\cos\hat{\theta}) - \text{Cte}, \\ x_1 &= \gamma^2 \hbar r^{-3} \sin\hat{\theta} \cos\hat{\theta}\, e^{i\hat{\varphi}} - \text{Cte}, \\ x_2 &= \gamma^2 \hbar r^{-3} \sin^2\hat{\theta}\, e^{2i\hat{\varphi}} - \text{Cte}. \end{aligned} \right.$$

Dans (1), les constantes sont telles que $\overline{x_\mu(t)} = 0$; on définit les densités spectrales de telle sorte que

$$(2)\qquad \begin{cases} \int_{-\infty}^{+\infty} X_\mu(\omega)\, d\omega = \overline{|x_\mu^2|}, \\ A = \frac{9\pi}{4}\left[X_0(0) + \frac{3}{2}X_1(\omega_0) + \frac{1}{4}X_2(2\omega_0)\right], \\ B = \frac{9\pi}{4}X_1(\omega_0). \end{cases}$$

2. *Dépendance angulaire de* T_2. — Définissons un nouveau système d'axes $Oxyz$ liés au cristal; θ, φ seront les coordonnées sphériques de H-H, Θ, Φ celle de OZ $(\vec{H}_0)$ dans $Oxyz$.

Nous définirons la densité spectrale matricielle $J_{\mu'\mu}(\omega)$ des $Y_\mu^2(\theta, \varphi)$, de même que celle, $\hat{J}_{\mu'\mu}(\omega)$ des $Y_\mu^2(\hat{\theta}, \hat{\varphi})$.

Par le biais des fonctions de corrélation, on établit sans peine l'équation matricielle

$$(3)\qquad \hat{J}(\omega) = D_2^{-1}(R)\, J(\omega)\, D_2(R),$$

où D_2 est la représentation irréductible ($J = 2$) du groupe des rotations, prise pour la rotation R faisant passer de $Oxyz$ à OXYZ. On sait évaluer $D_2(R)$, en fonction de Θ, Φ; on sait ramener les $X_\mu(\omega)$ aux $\hat{J}_{\mu\mu}(\omega)$; cette dernière transformation donne, dans le cas $\varepsilon \neq 0$:

$$(4)\qquad \frac{1}{T_2} = \frac{9}{5}\pi^2\gamma^4\hbar^2 r^{-6}\left[3\hat{J}_{00}(0) + 3\hat{J}_{11}(\omega_0) + 2\hat{J}_{22}(2\omega_0)\right]$$

Les formules (3) et (4) permettent donc d'obtenir la loi générale de la dépendance angulaire de T_2. Illustrons cela par le cas des zéolites tétragonales, où la symétrie entraîne que seuls existent $J_{\mu\mu}$ (symétriques en μ) et $J_{2,-2} = J_{-2,2}$; on obtient alors

$$(5)\qquad \frac{1}{T_2} = \frac{9}{5}\pi^2\gamma^4\hbar^2 r^{-6}(a + b\sin^2\Theta + c\sin^4\Theta + d\sin^4\Theta\cos^4\Phi),$$

avec

$$(6)\qquad \begin{cases} a = 3J_{00}(0) + 3J_{11}(\omega_0) + 2J_{22}(2\omega_0) \\ b = -9J_{00}(0) + 9J_{11}(0) + 3J_{22}(\omega_0) \\ \qquad - \frac{15}{2}J_{11}(\omega_0) + \frac{9}{2}J_{00}(\omega_0) - 2J_{22}(2\omega_0) + 2J_{11}(2\omega_0), \\ c = \frac{27}{4}J_{00}(0) - 9J_{11}(0) + \frac{9}{4}J_{22}(0) - \frac{3}{2}J_{22}(\omega_0 + 6J_{11}(\omega_0) \\ \qquad - \frac{9}{2}J_{00}(\omega_0) + \frac{1}{4}J_{22}(2\omega_0) - J_{11}(2\omega_0) + \frac{3}{4}J_{00}(2\omega_0), \\ d = \frac{9}{4}J_{2,-2}(0) - \frac{3}{2}J_{2,-2}(\omega_0) + \frac{1}{4}J_{2,-2}(2\omega_0), \end{cases}$$

La loi de dépendance angulaire de T_2 fait apparaître beaucoup de paramètres *a priori* indépendants, mais dans les cas fréquents où le temps de corrélation des $Y_\mu^2(\theta, \varphi)$ est, soit long, soit court devant ω_0^{-1}, il y a simplification, soit que les J prises pour ω_0 et $2\omega_0$ soient négligeables, soit que ω_0 et $2\omega_0$ puissent être assimilés à o, respectivement. Le lecteur trouvera aisément les formules de ces deux cas à partir de (5) et (6); il y subsiste quatre paramètres $J_{\mu\mu}(o)$ et $J_{2,-2}(o)$ obéissant toutefois aux inéquations

$$J_{\mu\mu} > o, \qquad |J_{2,-2}| < J_{22}$$

provenant du fait qu'une matrice densité spectrale est définie positive.

La théorie des groupes ne va pas plus loin, un modèle du processus aléatoire θ, φ s'avérera nécessaire.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) Y. Ayant, *J. Phys. Rad.*, 16, 1955, p. 411.

(*Laboratoire d'Électrostatique et de Physique du Métal, Grenoble.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Contribution à l'étude de réactions de double décomposition à partir du fluorure de chrome en solution ignée dans certains solvants halogénés.* Note de M. **Pierre Mergault** et M[lle] **Pierrette Laizeau**, présentée par M. Gustave Ribaud.

F_3Cr réagit chimiquement avec Cl_2Pb ou Cl_2Ca fondus pour donner respectivement FClPb ou Cr_2O_3. NiO introduit dans une solution de F_3Cr dans FNa fondu conduit d'abord à Cr_2O_3 puis à Cr_2O_4Ni. CdO dans la même solution donne directement Cr_2O_4Cd. α-Fe_2O_3 introduit dans FNa fondu se transforme partiellement en γ-Fe_2O_3. En présence de F_3Cr dans FNa fondu, α-Fe_2O_3 conduit à Fe_3O_4 et à une solution solide (Cr_2O_3, xFe_2O_3), où x est indéterminé.

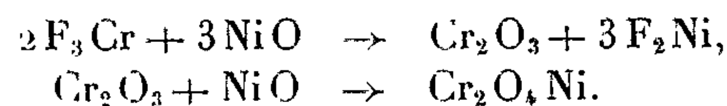
A la suite de travaux antérieurs [(1) à (4)], nous avons cherché à réaliser des réactions de double décomposition entre le fluorure de chrome et divers oxydes dans des solvants halogénés.

Nous avons d'abord essayé de dissoudre le fluorure de chrome dans des chlorures fondant à basse température. L'introduction du fluorure de chrome F_3Cr dans du chlorure de plomb Cl_2Pb donne un solide gris. L'élimination du chlorure de plomb à l'eau distillée bouillante fournit un résidu dont le radiogramme de poudre contient les raies du fluochlorure de plomb FClPb. Le fluorure de chrome ajouté à du chlorure de calcium Cl_2Ca fondu donne un bain vert renfermant du fluorure de calcium et du sesquioxyde de chrome. Nous ne pouvons donc pas réaliser de réaction de double décomposition dans ces deux chlorures puisque le fluorure de chrome est décomposé par le solvant.

Par contre, le fluorure de chrome est soluble dans le fluorure de sodium fondu (2). Différents oxydes ont été ajoutés à des solutions de fluorure de chrome dans le fluorure de sodium fondu.

1. L'oxyde de nickel NiO introduit dans le fluorure de sodium fondu précipite en grande partie au fond du bain. En ajoutant cet oxyde à une solution de fluorure de chrome dans le fluorure de sodium fondu, nous obtenons des bains différents suivant les proportions relatives de fluorure de chrome et d'oxyde de nickel. Lorsque la proportion d'oxyde de nickel est faible, le bain contient du fluorure de chrome, du sesquioxyde de chrome et tout au fond du bain un peu d'oxyde de nickel qui n'a pas réagi. Par contre, lorsque la proportion d'oxyde de nickel est plus grande, nous observons un très net précipité vert jaune avec quelques inclusions grisâtres. Nous avons identifié dans ce précipité, par la méthode radiocristallographique des poudres de Debye-Scherrer l'oxyde de nickel NiO (vert jaune) et le chromite de nickel Cr_2O_4Ni en très faible proportion. Dans ces deux bains on trouve aussi du nickel dû à la réduction d'une petite partie de l'oxyde par le graphite du creuset, comme M. Rolin (5) l'avait déjà constaté en dissolvant de l'oxyde de nickel dans la cryolithe. Bien que dans ce cas la formation du chromite de nickel soit moins nette

que dans le cas du chromite de magnésium obtenu à partir de la magnésie (²), nous pouvons quand même écrire un schéma réactionnel analogue :



$$2F_3Cr + 3NiO \rightarrow Cr_2O_3 + 3F_2Ni,$$
$$Cr_2O_3 + NiO \rightarrow Cr_2O_4Ni.$$

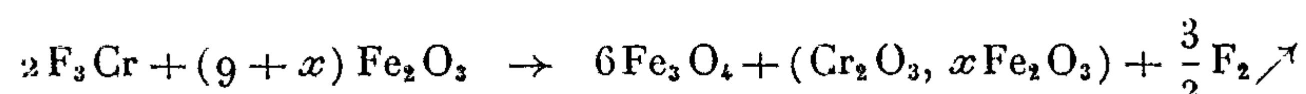
2. Dans le cas où l'on ajoute de l'oxyde de cadmium CdO à une solution de fluorure de chrome dans le fluorure de sodium, et lorsque la proportion de CdO est faible, on obtient après élimination du solvant, un résidu vert. Le radiogramme de ce résidu présente quelques raies très faibles du chromite de cadmium et aussi des halos dus à un corps amorphe qu'une analyse chimique n'a pas permis d'identifier. Lorsque nous ajoutons davantage d'oxyde de cadmium, le bain présente deux parties. La partie supérieure est constituée de fluorure de sodium. La partie inférieure, verte avec de nombreuses inclusions marron, contient CdO et le chromite de cadmium Cr_2O_4Cd. Avec CdO, nous n'avons jamais retrouvé de sesquioxyde de chrome libre, la formation du chromite de cadmium ne se ferait donc qu'en une seule étape, de sorte que le schéma réactionnel s'écrirait :



$$2F_3Cr + 4CdO \rightarrow Cr_2O_4Cd + 3F_2Cd.$$

On pourrait expliquer cela par une grande affinité chimique des oxydes CdO et Cr_2O_3 dans le bain de fluorure de sodium fondu, ou par une solubilité du chromite plus faible que celle de l'oxyde de chrome Cr_2O_3 et de l'oxyde de cadmium dans le bain considéré.

3. L'oxyde ferrique α-Fe_2O_3, rhomboédrique, se transforme en partie, quand on essaie de le dissoudre dans le fluorure de sodium fondu, en oxyde γ-Fe_2O_3, cubique. Le mélange obtenu, porté aux environs de 1000°C pendant 1 h, redonne α-Fe_2O_3 et ne contient plus de γ-Fe_2O_3. Introduit dans une solution de fluorure de chrome dans le fluorure de sodium fondu, l'oxyde ferrique α-Fe_2O_3 donne un bain qui, après refroidissement, présente deux parties. Le haut du bain, gris, contient de l'oxyde salin Fe_3O_4 et quelques traces de α-Fe_2O_3. La partie inférieure est constituée par Fe_3O_4 et par une solution solide de la forme (Cr_2O, $x_3Fe_2O_3$) : Cr_2O_3 et Fe_2O_3 peuvent en effet s'unir dans n'importe quelles proportions et les diagrammes Debye-Scherrer ne présentent pas de variation continue lorsque les proportions évoluent (⁶). Nous n'avons donc pas pu définir la valeur de x. Nous n'avons pas non plus retrouvé de fluorure de fer. Il semblerait donc que la réaction globale puisse s'écrire :



$$2F_3Cr + (9 + x)Fe_2O_3 \rightarrow 6Fe_3O_4 + (Cr_2O_3, xFe_2O_3) + \frac{3}{2}F_2\nearrow$$

Ces expériences nous permettent donc de conclure que :

1° Le fluorure de chrome réagissant chimiquement avec le chlorure de plomb ou le chlorure de calcium fondus, il ne peut être question de réaliser

dans ces solvants des réactions de double décomposition analogues à celles déjà réalisées dans d'autres solvants [(1), (2), (3), (4)].

2° Dans le fluorure de sodium fondu :

a. l'oxyde de nickel NiO est un peu soluble et ionisé; cet oxyde, en présence de fluorure de chrome, conduit d'abord à l'oxyde de chrome Cr_2O_3, puis au chromite de nickel Cr_2O_4Ni;

b. l'oxyde de cadmium CdO est également peu soluble et ionisé; avec le fluorure de chrome, cet oxyde conduit directement au chromite de cadmium Cr_2O_4Cd;

c. l'oxyde ferrique α-Fe_2O_3 se transforme partiellement en γ-Fe_2O_3. En présence de fluorure de chrome, cet oxyde conduit à l'oxyde salin Fe_3O_4 et à une solution solide de la forme (Cr_2O_3, $x Fe_2O_3$).

(1) P. MERGAULT, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 1215.
(2) P. MERGAULT, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 703.
(3) P. MERGAULT et J. C. SACERDOT, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1040.
(4) P. MERGAULT et R. JACOUD, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 1637.
(5) M. ROLIN, *Thèse*, Paris, 1950.
(6) PASSERINI, *Gazz. Chim. Italiana*, 60, 1930, p. 544.

(*Faculté des Sciences, Paris, Laboratoire de Physique-Enseignement.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Densité du tellure à l'état liquide.* Note (*) de MM. **Louis-Didier Lucas** et **Georges Urbain**, transmise par M. Paul Pascal.

On étudie la variation du volume spécifique à l'état liquide en fonction de la température jusqu'à 750°C.

Pour déterminer le volume spécifique du tellure à l'état liquide, on applique la méthode de pression maximale de bulles d'argon purifié. Le mode opératoire a été exposé dans une Note précédente [1].

La figure 1 rassemble nos données expérimentales ainsi que celles d'autres auteurs. Nos résultats sont obtenus en traçant la droite de régression des volumes spécifiques en fonction de la température. Nos mesures ont été faites sur du tellure d'un très haut degré de pureté, à 25 températures différentes groupant 297 déterminations de densité et nous proposons comme équation du volume spécifique

$$v_{\mathrm{Te}} = 0,1725 + 16,5.10^{-6}(\mathrm{T}_{^\circ\mathrm{K}} - 724) \quad \text{et} \quad \alpha = \frac{1}{v}\frac{dv}{d\mathrm{T}} = 96.10^{-6},$$

avec comme estimations des écarts types

$$\sigma_v = 0,6.10^{-4}, \qquad \sigma_{\frac{dv}{d\mathrm{T}}} = 0,8.10^{-6}.$$

Les mesures sur le tellure sont assez rares dans la littérature. Klemm [2] a étudié, en 1952, le comportement de certains éléments qu'il dénomme « semi-métaux », en particulier le germanium et le tellure. Cet auteur trouve pour le tellure une variation de volume à la fusion légèrement positive. Puis, une fois liquide, le tellure se comporterait comme l'eau, c'est-à-dire posséderait un volume minimal à quelques degrés au-dessus de sa température de fusion. Klemm propose comme coefficient de dilatation $\alpha = 80.10^{-6}$ en prenant sur la courbe volume-température (*voir* courbe 1 de la figure) la tangente correspondant aux valeurs élevées (600°C). Ces mesures sont obtenues à l'aide d'un picnomètre en silice et l'auteur trouve une contraction d'environ 2 % à la solidification en se basant sur la variation de forme du ménisque.

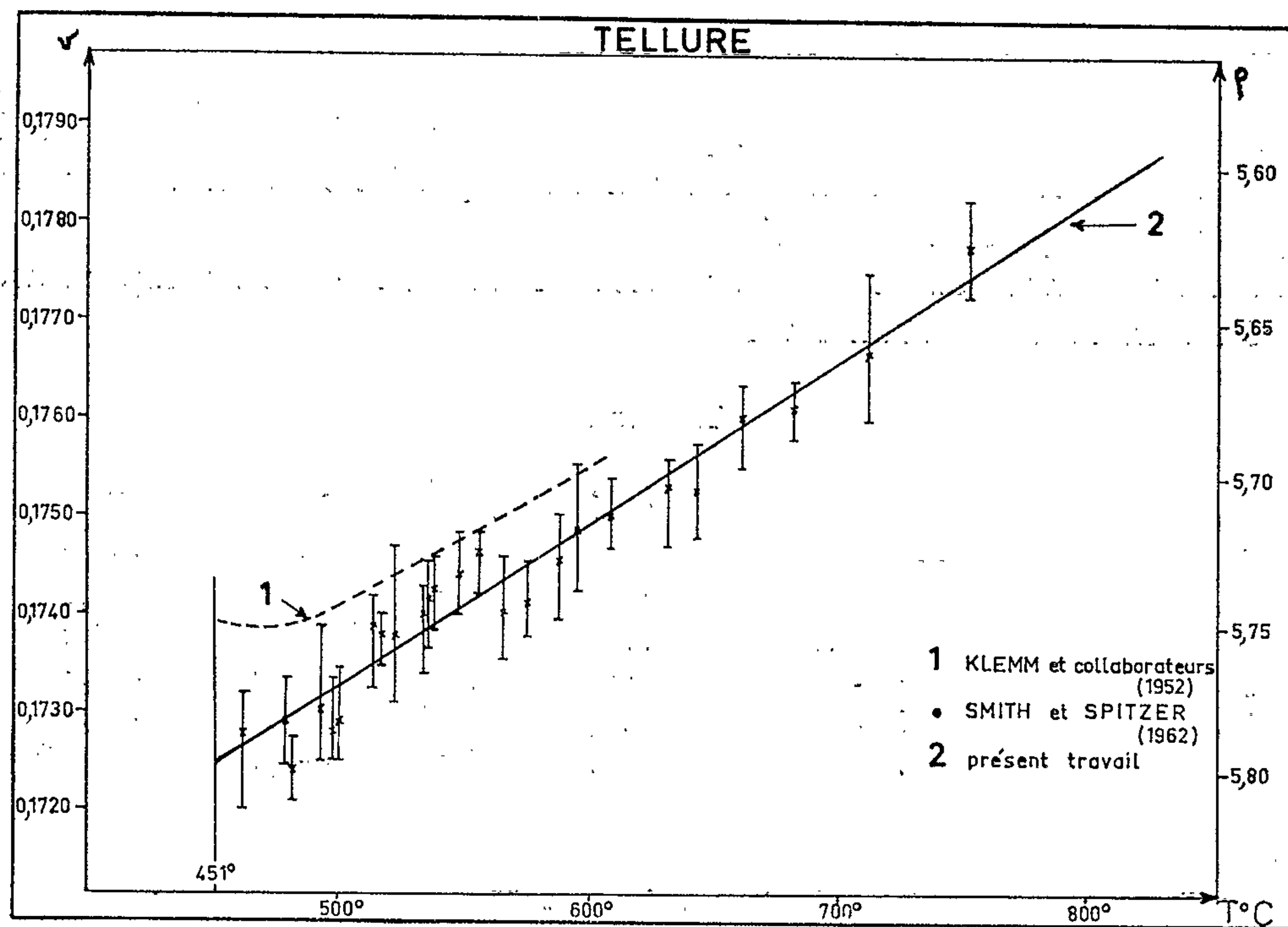
Une étude récente de Smith et Spitzer [3] sur la tension superficielle du tellure a permis à ces auteurs de déterminer la densité du tellure liquide en utilisant la méthode de pression maximale de bulles d'azote; le tube et le creuset étaient en pyrex. La valeur trouvée à 460°C pour la densité est $\rho = 5,58$ g/cm³ ($v = 0,1792$). Ce résultat présente un écart de 4 % avec notre valeur ($\rho = 5,79$ g/cm³, $v = 0,1727$).

Nos valeurs sont en bon accord avec celles de Klemm (au-dessus de 500°C). Mais, contrairement à cet auteur, nous n'avons pas pu mettre

en évidence un minimum de volume spécifique à l'état liquide. Il nous est difficile de juger de la validité de la variation de volume à la fusion proposée par Klemm soit $\Delta v/v \sim + 2\ \%$, car aucune valeur de densité à l'état solide près de la température de fusion n'est donnée, à notre connaissance, dans la littérature. Mais le signe de ce $\Delta v/v$ nous semble peu probable si on le compare à Ga, Si, Ge, Sb et Bi.

Pour comprendre les différents comportements de nombreux éléments à la fusion, on peut citer les classifications proposées par Klemm ([2]), Kubaschewski ([4]) et Schneider ([5]). Ces auteurs se basent sur les valeurs de quelques constantes physiques, en particulier :

N, nombre de coordination;
T_f, température de fusion en degrés Kelvin;
L_f, chaleur latente de fusion en calories par mole;
ΔS_f, entropie de fusion en calories par degré;
$\Delta V/V$, variation relative de volume à la fusion;
$\Delta r/r$, variation relative de résistance électrique à la fusion.



L'entropie de fusion, définie comme le rapport de la chaleur de fusion à la température de fusion ($\Delta S_f = L_f/T_f$) correspond à un changement de l'organisation des atomes lors de la fusion. Elle donne, par conséquent, des valeurs qui, bien qu'elles soient à peu près constantes à l'intérieur d'un groupe d'éléments de même coordination, sont toutefois très différentes entre ces groupes. Pour des éléments cubiques à maille centrée (N = 8), cubiques à faces centrées (N = 12) et hexagonaux

compacts (N = 6 + 6), les entropies de fusion sont respectivement voisines de 1,74, 2,3 et 2,4 cal/degré. Par contre, les éléments dont le nombre de coordination N est faible, ont une entropie de fusion supérieure à 4 cal/degré (comprise entre 4,4 et 7,2 cal/degré). Pour ceux-ci, la variation de volume à la fusion est négative car, par suite de la destruction du réseau du cristal, la densité d'empilement dans la phase liquide augmente et cet effet l'emporte en général sur l'augmentation du volume provoquée par la dilatation thermique et l'augmentation du nombre de lacunes.

Schneider [5] en comparant la variation relative du volume à la fusion $\Delta V/V$ avec la variation relative de résistance électrique $\Delta r/r$, a montré que $\Delta V/V$ et $\Delta r/r$ sont de même signe.

On trouve dans le tableau I les valeurs numériques correspondant à cinq éléments qui présentent une diminution de volume à la fusion ($\Delta V/V < 0$). Le tellure a des valeurs de ΔS_f et $\Delta r/r$ homogènes avec ce groupe mais présente une anomalie apparente qui, d'après nous, est imputable à la valeur erronée du $\Delta \rho/\rho$ [2]. Nous pensons qu'un $\Delta \rho/\rho$ négatif est beaucoup plus probable.

Une compilation des différents travaux montre la difficulté qu'on rencontre à classer certains éléments car certaines valeurs expérimentales sont certainement inexactes, en particulier la variation de volume à la fusion et le coefficient de dilatation volumétrique à l'état solide au voisinage de la température de fusion.

En conséquence, des études de densité à l'état solide à des températures élevées semblent très souhaitables.

TABLEAU I.

Élément.	N.	T_f (°K).	ΔS_f (cal/degré).	$\frac{\Delta r}{r} \cdot 10^2$.	$\frac{\Delta V}{V} \cdot 10^2$.
Ga	1 + 2 + 2 + 2	303	4,41	−42	−3,13
Si	4 + 12	1683	7,19	-	−9,5
Ge	4 + 12	1207	6,30	−95	−5,1
Sb	3 + 3	903	5,25	−39	−0,95
Bi	3 + 3	544	4,78	−55	−2,9
Te	2 + 4	726	5,76	−95	+2 (?)

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) L.-D. LUCAS, *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 2236.
(2) KLEMM et coll., *Monatsh. Chem.*, 83, 1952, p. 629.
(3) C. S. SMITH et D. P. SPITZER, *J. Phys. Chem.*, 66, 1962, p. 946.
(4) O. KUBASCHEWSKI, *Trans. Far. Soc.*, 45, 1949, p. 931.
(5) A. SCHNEIDER et G. HEYMER, *Naturw.*, 46, 1959, p. 167.

(*Département Chimie-Physique, Institut de Recherches de la Sidérurgie, 185, rue du Président-Roosevelt, Saint-Germain-en-Laye, Seine-et-Oise.*)

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la viscosité des hauts polymères.* Note (*) de
MM. **Jean-Claude Bauwens** et **Georges A. Homès**, transmise par M. Georges Chaudron.

Les auteurs considèrent que le volume libre nécessaire au déplacement d'un segment de haut polymère est créé par le passage de plusieurs groupements latéraux voisins d'états fortement liés à des états moins liés. Cette théorie rend compte des discontinuités observées à la température de transition du second ordre.

La théorie de Williams, Landel et Ferry [1] rend compte avec succès de la variation de la viscosité des hauts polymères en fonction de la température dans le domaine

(1) $$T_2 < T < T_2 + 100^\circ C,$$

T_2 étant la température de transition du second ordre.

Cependant cette théorie postule l'existence de T_2 qu'elle n'explique pas.

Nous pensons que cette théorie n'est qu'une approximation valable dans le domaine précité et nous proposons le mécanisme d'écoulement visqueux suivant.

Le déplacement d'un segment de macromolécule linéaire nécessite la présence d'un volume libre v^* localisé dans son voisinage. Ce volume libre est la conséquence du passage d'un certain nombre de groupements latéraux des chaînes de hauts polymères d'une position d'équilibre à une autre voisine, ce qui correspond au passage d'états fortement liés à des états moins liés nécessitant un apport d'énergie E.

Nous désignerons par v_0^* le volume libre qui se crée lors de la transition correspondant au passage d'un seul groupement latéral d'une position d'équilibre à une autre voisine. Le déplacement du segment requiert la transition de n_0 groupements, de telle sorte que

(2) $$n_0 v_0^* > v^* > (n_0 - 1) v_0^*$$

Soit α la proportion de groupements « excités », c'est-à-dire ayant subi la transition. Nous avons calculé la probabilité P (α) de présence d'un nombre $n \geqq n_0$ de groupements excités au voisinage du segment contenant $N \geqq n_0$ groupements.

Cette probabilité s'exprime sous la forme d'un polynome. Nous avons constaté que la courbe P (α) coïncide avec la courbe d'équation

(3) $$P = \exp\left\{\frac{-2,3}{1,25\alpha + 0,055}\right\}$$

pour les valeurs $n_0 = 12$ et $N = 25$, et dans le domaine

(4) $$0,5.10^{-2} < \alpha < 10^{-1}.$$

Nous avons calculé les valeurs de α en fonction de la température en supposant que s oscillateurs coopèrent à fournir l'énergie $E = s\,E_0$ néces-

saire au déplacement, ceci en nous basant sur les tables de Sivertz et Goldsack (2).

Dans le domaine défini par l'inéquation (4), la courbe α (T) coïncide avec la droite d'équation

$$(5) \qquad \alpha = 0,4s\left(\frac{RT}{E} - \frac{RT_0}{E}\right) = 0,4\left(\frac{RT}{E_0} - \frac{RT_0}{E_0}\right),$$

tandis que pour $T < T_0$, on a sensiblement $\alpha = 0$.

En prenant $E_0 = 915$ cal, nous obtenons, en tenant compte de l'équation (3)

$$(6) \qquad \text{Log}\frac{P}{P_0} = \frac{18}{T - T_0 + 50},$$

P_0 étant la probabilité correspondant à la température T_0 qui est la température de transition du second ordre.

Cette équation est pratiquement identique à celle de Williams, Landel et Ferry

$$(7) \qquad \text{Log}\frac{P}{P_0} = \frac{17,44}{T - T_0 + 51,6},$$

T_0 dépend de s; en voici quelques valeurs approchées

$s = 4$, $T_0 = 185^\circ K$;
$s = 6$, $T_0 = 225^\circ K$;
$s = 9$, $T_0 = 265^\circ K$.

La valeur $s = 6$ s'applique donc au polyisobutylène dont la température de transition du second ordre est 225°K.

De la mesure des chaleurs spécifiques, il résulte que le déplacement d'un segment affecte environ six unités du monomère.

On peut montrer que notre théorie entraîne les conséquences suivantes :

1° La chaleur spécifique doit présenter une discontinuité au voisinage de la température de transition du second ordre, l'accroissement étant dû à l'apport d'énergie nécessaire à l'excitation des groupements latéraux.

2° Le coefficient de dilatation thermique doit également présenter une discontinuité. Des valeurs expérimentales, il résulte que le trou créé par le déplacement d'un groupement a un volume sensiblement égal au quart de celui-ci.

3° L'accroissement de l'énergie apparente d'activation au voisinage de la température de transition du second ordre est également une conséquence de nos résultats.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) M. L. Williams, R. F. Landel et J. D. Ferry, *J. Amer. Chem. Soc.*, 77, 1955, p. 3701.

(2) C. Sivertz et D. Goldsack, *J. Chem. Phys.*, 36, 1962, p. 569.

ÉLECTROCHIMIE. — *Détermination du potentiel de décharge des ions fer à partir des courbes polarographiques dans l'eutectique* NaCl-KCl *ou dans* NaCl *à la fusion.* Note (*) de M. **Saül Ziolkiewicz** et Mme **Geneviève Darmois**, présentée par M. Gustave Ribaud.

La détermination du potentiel de décharge des ions à partir de polarogrammes relatifs à certaines cellules électrochimiques à base de sels fondus a donné lieu à des difficultés expérimentales très importantes:

— construction d'une cellule d'un modèle particulier;

— choix d'électrodes appropriées;

— nécessité d'employer des sels anhydres;

— nécessité de travailler sous atmosphère contrôlée, à l'abri de l'humidité et de l'air;

— nécessité d'effectuer des électrolyses préalables répétées et prolongées afin d'obtenir des courbes reproductibles [([1]) à ([8])].

Encore faut-il remarquer que dans la plupart des cas, la reproductibilité des valeurs n'est pas suffisante pour que la précision du potentiel de décharge des ions soit supérieure à 20 mV. Nous allons exposer les conditions expérimentales dans lesquelles nous avons relevé les polarogrammes.

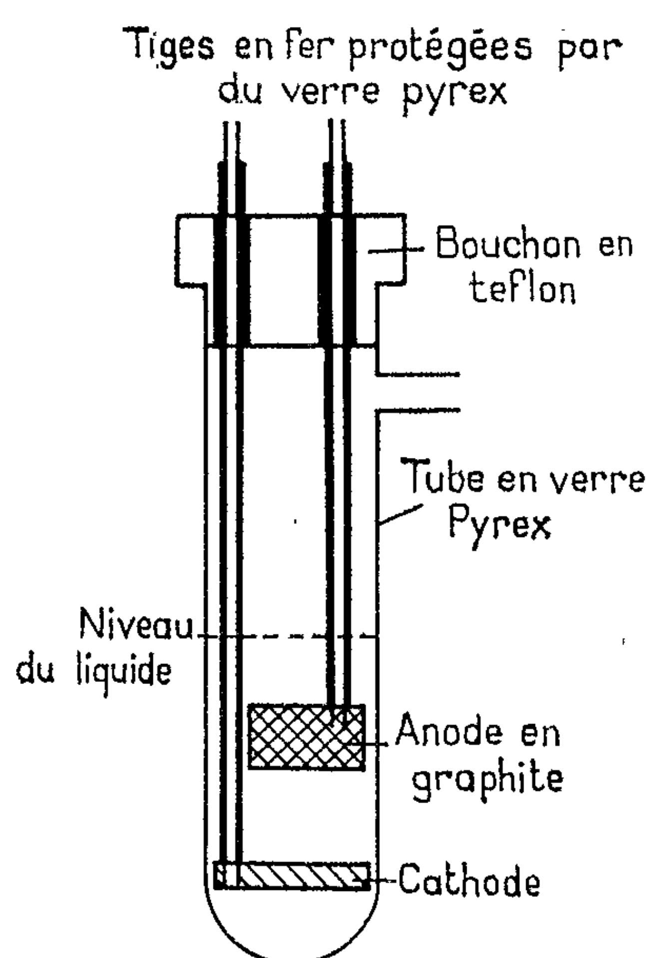
Le chauffage est assuré par un four à thermorégulation à programme thermique alimenté par le courant alternatif du secteur. La résistance, un fil de kanthal, est bobinée autour d'un tube réfractaire, l'ensemble formant un solénoïde dans lequel on place la cellule.

La cellule d'électrolyse (*figure*) est constituée par un tube en verre pyrex fermé à sa partie inférieure. Cathode et anode sont deux rondelles, l'une en graphite nucléaire, l'autre en fer de très haute pureté, vissées chacune sur une tige de fer. Ces tiges sont gainées par des tubes de verre qui les protègent de l'action corrosive du bain et du Cl_2 par une pellicule solide de bain appauvri en fer trivalent ($Fe^0 + Fe^{+++} \rightarrow Fe^{++}$) qui s'est infiltrée entre tige et gaine.

Le sel qu'on emploie est $FeCl_2$, $4\,H_2O$ ([9]) mélangé, soit à l'eutectique NaCl-KCl, soit à NaCl dans des proportions variables. On met les électrodes en place lorsque le mélange est porté à la fusion; la cathode à 3 cm de l'anode qui se trouve elle-même 2 cm sous la surface du liquide. La déshydratation a lieu à l'air libre, grâce à une montée thermique programmée. Le comportement thermique des halogénures alcalins et des métaux lourds — $FeCl_2$ en particulier — en présence d'air ou d'humidité a fait l'objet des travaux de Kroll ([10]), Sauerwald et von Classing ([11]). Le mélange se liquéfie à 320° et reste parfaitement liquide, on n'observe pas de sublimation de $FeCl_3$ jusqu'à 550°C. Nous avons prélevé pour analyse des échantillons de liquide à différents niveaux du bain; nous

n'avons trouvé de faibles quantités de Fe_2O_3 que dans les échantillons issus de la région où le ménisque est au contact de l'air.

On commence à relever les points des polarogrammes dès la mise en place des électrodes. On mesure l'intensité par un ampèremètre étalon à plusieurs sensibilités et la tension à 0,1 mV près par la méthode d'oppo-



sition par un potentiomètre « AOIP, P 12 ». On constate, dès la mise en place des électrodes, que les tiges-support des électrodes et le ménisque du bain sont soumis à des vibrations d'autant plus importantes que les intensités du courant de chauffage du four et du courant d'électrolyse croissent. Ce phénomène est dû au champ magnétique qui agit sur l'ensemble des éléments ferromagnétiques de la cellule, champ magnétique créé par le solénoïde constituant l'élément chauffant.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) R. Lorenz, *Z. anorg. allgem. Chem.*, 25, 1900, p. 436.
(2) Neuman et U. Bergve, *Z. Electrochem. Soc.*, 21, 1915, p. 152.
(3) Neuman et Richter, *Z. Electrochem. Soc.*, 31, 1925, p. 287-481.
(4) Devoto et Guzzi, *Gazz*, 59, 1929, p. 708.
(5) Grube et Rau, *Z. Electroch. Soc.*, 40, 1934, p. 352.
(6) M. G. Czownik et D. Pelkis, *J. Obszcz Chim.*, 10, 1940, p. 16.
(7) J. K. Delimarski, E. M. Skobec et W. D. Riabkov, *J. Phys. Chim.*, 21, n° 7, 1947, p. 843-848.
(8) G. J. Hills, L. Young, J. O. Bockris, *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, 79, Art 11 January, 1960.
(9) S. Ziolkiewicz, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 1604.
(10) W. J. Kroll, *Metal Industrie London*, 67, 1945, p. 214-216 et 229-236.
(11) Von H. Classing et F. Sauerwald, *Z. Electrochem. Engen. Phys. Chim. Dtsch*, n° 5, 1950-1954, p. 358-361.

ÉLECTROLYSE. — *Nouvelle méthode de caractérisation de solides poreux ou en poudres utilisés comme électrodes.* Note (*) de M. **Witold Tomassi**, présentée par M. Louis de Broglie.

L'interprétation de potentiel de dépôt électrolytique en fonction du temps basée sur la conception de l'enthalpie libre permet de caractériser les propriétés de solides poreux ou de poudres utilisés comme électrodes.

Soit A-A (*fig.* 1), le niveau d'énergie correspondant à la valeur de l'enthalpie libre de 2 ions-g de chlore dans la solution ($2\ G_{Cl^-}$), le niveau B-B correspond à la valeur du potentiel chimique du chlore gazeux sous une atmosphère et à la température de l'expérience.

Considérons que, entre les niveaux C-C et D-D, se trouvent les valeurs les plus nombreuses des potentiels chimiques du chlore adsorbé. La couche adsorbée étant à la température de la solution sous 1 atm (la pression partielle du chlore pouvant être plus basse), et le niveau B'-B' ayant la même valeur que le niveau B-B, il correspond au potentiel chimique moyen du chlore adsorbé si la couche est en équilibre avec le chlore gazeux à la pression de 1 atm. Entre les niveaux C-C et D-D se trouvent deux types de niveaux : Les niveaux moyens qui ne peuvent être supérieurs à B'-B' car nous nous plaçons à la pression de 1 atm, et les niveaux réels, correspondant à l'adsorption sur les divers points actifs de l'électrode à poudre. Les niveaux inférieurs correspondent à une énergie d'adsorption plus élevée du chlore sur l'adsorbant. Si le processus à l'électrode est



$$2\,Cl^- \rightleftharpoons Cl_2 + 2\,e,$$

nous avons à l'équilibre

$$2\,G_{Cl^-} = G_{Cl_2(c)} + 2\,G_e$$

($G_{Cl_2(c)}$, potentiel chimique du chlore adsorbé sur le carbone; G_e, potentiel chimique des électrons).

Posons $G_e = -\pi F$, π, différence de potentiel électrode-solution. Si $G_{Cl_2(c)}$ est supérieur à $2\ G_{Cl^-}$, π est positif et l'électrode positive par rapport à la solution. Pour $G_{Cl_2(c)} = 2\ G_{Cl^-}$, π est nul et si $G_{Cl_2(c)}$ est inférieur à $2\ G_{Cl^-}$, π sera négatif et l'électrode négative par rapport à la solution. D'après la figure 1, des ions chlore de la solution sont adsorbés à l'état de molécules avec une valeur de l'enthalpie libre inférieure à celle du niveau A'-A', le dégagement de chlore peut être spontané. Si, lors de l'électrolyse de l'acide chlorhydrique, l'hydrogène et le chlore couvrent, durant la première période du processus, les éléments de la surface de l'adsorbant possédant l'énergie d'adsorption la plus élevée, le processus sera spontané et l'électrolyseur deviendra un générateur en série avec la source extérieure du courant, ceci constaté expérimentalement. La différence des niveaux C-C et D-D dépend des propriétés d'adsorption de la poudre. Pour certains

adsorbants les niveaux inférieurs à A′-A′ peuvent ne pas intervenir. Pour les niveaux légèrement supérieurs, il suffit de fournir une très faible énergie et la différence de potentiel d'électrode sera peu élevée. Avec l'accroissement de la concentration superficielle du gaz sur l'adsorbant, les molécules sont à des niveaux de plus en plus élevés, d'où une augmentation de la différence de potentiel d'électrolyse. Lorsque le niveau moyen atteint la valeur B′-B′ le gaz se dégage et l'utilisation d'électrodes à poudre n'entraîne pas de diminution de l'énergie en jeu dans l'électrolyse. Les résultats expérimentaux sont conformes aux prévisions théoriques [(1), (2), (3)]. La

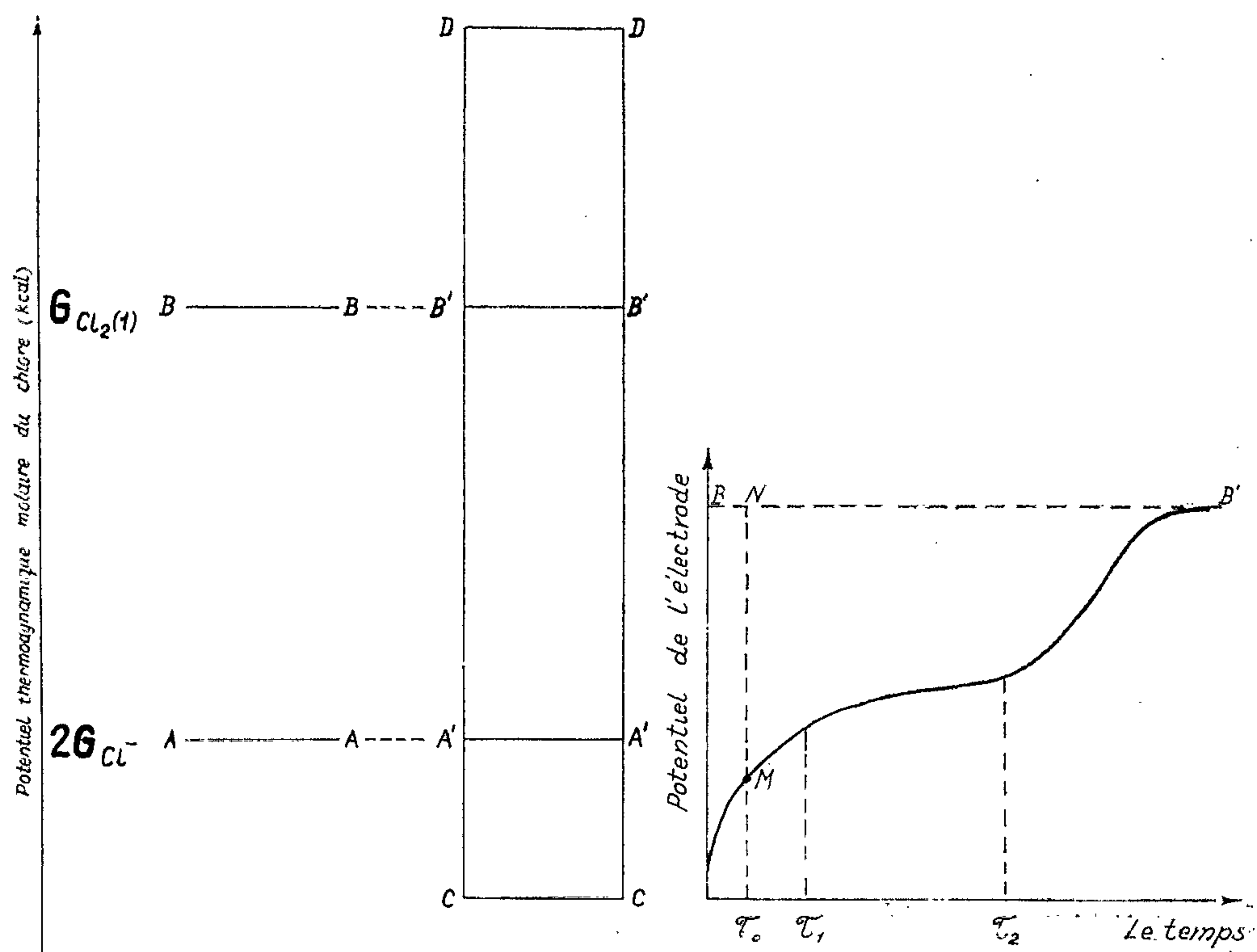


Fig. 1. Fig. 2.

différence entre les niveaux A-A et le niveau moyen pour la couche adsorbée fixe le potentiel de l'électrode, donc la f.é.m. de la pile ou la d.d.p. entre électrodes de l'électrolyseur. Le niveau B-B n'a pas dans ce cas de signification directe.

Pour un processus d'électrolyse, il sera intéressant d'obtenir des poudres ou substances poreuses, telles que les niveaux inférieurs à A′-A′ (*fig.* 1) caractérisent le plus grand nombre possible de centres adsorbants. La préparation des électrodes poreuses, comprimées ou non, ou obtenues à hautes températures pour des électrodes de piles à combustibles doit se faire de telle manière, que le niveau C-C soit plus élevé pour que la valeur moyenne du potentiel chimique de la substance adsorbée soit augmentée pour toute la surface.

Nous proposons une méthode d'étude des poudres et matériaux poreux qui permet de déterminer la statistique de points actifs (adsorbants). Pour cela on agglomère la poudre sous forme de cylindre autour d'une baguette de platine ou de carbone. Ensuite sous faible densité de courant de 10 mA/g on fait dégager sur l'électrode l'halogène, l'hydrogène ou l'oxygène. L'intensité du courant doit être constante. On suit l'évolution du potentiel de l'électrode à poudre en fonction du temps, d'où des courbes dites « courbes de déposition ».

La durée de l'électrolyse est proportionnelle aux charges électriques traversant l'interphase électrode-solution. Ce nombre de charges est proportionnel au nombre de molécules du produit d'électrolyse déposé aux électrodes. Les premières molécules formées sont adsorbées aux points de plus faible potentiel chimique pour les molécules adsorbées. Le potentiel de l'électrode où se dégage le chlore, par exemple, sera très faible (l'électrode peut être même négative par rapport à l'autre électrode de l'électrolyseur, quoiqu'elle soit reliée au pôle positif de la source extérieure du courant). La figure 2 donne un type de courbe de déposition obtenue avec dégagement de chlore. Le niveau B-B′ (*fig.* 2) correspond à la valeur du potentiel pour le dégagement du chlore gazeux. Soit un intervalle de temps τ_0 : le potentiel d'électrode correspond à τ_0 M. Jusqu'au potentiel de dégagement du chlore libre il y a un écart représenté par MN (*fig.* 2). Si la longueur MN, en volts, est $\Delta\pi$, la valeur $2\,F\,\Delta\pi$ représente ΔG diminué de la différence entre le potentiel chimique du chlore, libre sous une atmosphère à la température de l'expérience (niveau B-B, B′-B′ sur la figure 1) et la valeur moyenne du potentiel chimique du chlore adsorbé. La diminution de la pente de la courbe (*fig.* 2) pendant la période $\tau_1 - \tau_2$ démontre que les molécules se forment en des points actifs de même bande énergétique et approximativement de même niveau de potentiel chimique des molécules adsorbées. Chaque point de la courbe de déposition caractérise l'état moyen de l'électrode entière et correspond donc au potentiel chimique moyen des molécules adsorbées.

Ces mêmes courbes, appliquées par nous pour caractériser les électrodes poreuses sur une base thermodynamique, ont été fournies par Davtyan (4), à partir de considérations différentes. L'interprétation de ces phénomènes aux électrodes présentée par Davtyan, est identique à la nôtre ainsi que ses résultats expérimentaux.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) W. Tomassi, *Przemysl Chem.*, 41, 1962, p. 62.

(2) W. Tomassi et R. Milek, *Przemysl Chem.*, 39, 1960, p. 288.

(3) W. Tomassi et W. Zieleniewski, *Przemysl Chem.*, 39, 1960, p. 421.

(4) Y. A. Tkach et O. K. Davtyan, *Zhurn. Fiz. Khim.*, 35, 1961, p. 2727; O. K. Davtyan et E. G. Misiuk, *Zhurn Fiz. Khim.*, 36, 1962, p. 673.

(*Chaire de Chimie physique, École Polytechnique, Varsovie.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Contribution à l'étude de la corrosion sous tension des aciers austénitiques du type* 18/10. Note (*) de MM. **Joseph Hochmann** et **Jean Bourrat**, présentée par M. Georges Chaudron.

L'un de nous a montré l'influence de l'état de surface sur la susceptibilité à la corrosion sous tension des aciers austénitiques dérivant du type 18/10 [1]. Ainsi, le polissage mécanique provoque une sensibilisation à ce type de corrosion; en revanche, le sablage constitue une protection efficace. Mais il n'est pas possible d'appliquer dans tous les cas cette mesure de protection.

Nous avons trouvé que lorsqu'on augmente la teneur en silicium dans les aciers austénitiques voisins du type 18/10, la résistance à la corrosion sous tension augmentait d'une façon très nette; avec une teneur en silicium égale ou supérieure à 3,3 %, nous n'avons plus rencontré de phénomènes de corrosion sous tension, dans les conditions très sévères suivantes :

État de surface : poli mécanique (préparation de surface par un meulage fin, finissage au papier 00000); c'est un état de surface particulièrement défavorable à la résistance à la corrosion sous tension.

Les éprouvettes ont été mises sous tension à l'aide d'un dispositif de flexion décrit dans une Note précédente [1]. Elles ont subi un essai de corrosion dans une solution bouillante contenant 42 % de chlorure de magnésium, solution couramment employée pour l'étude de la corrosion sous tension des aciers inoxydables austénitiques. La durée des essais était de 1000 h.

Les éprouvettes ont été étudiées avec les deux états suivants :

I. Hypertrempe à 1150° suivie d'un refroidissement à l'air.

II. Écrouissage de 20 % par un laminage à froid, suivant l'hypertrempe.

Le tableau ci-dessous rassemble les compositions des aciers expérimentés :

	C %.	Mn %.	Si %.	Cr %.	Ni %.
A	0,02	0,70	0,06	18,0	14,0
B	0,013	0,31	1,0	15,9	13,8
C	0,015	0,32	2,2	15,6	14,0
D	0,013	0,32	3,3	15,6	14,1
E	0,02	0,39	4,0	17,9	14,0
F	0,02	0,35	4,1	16,0	14,1

Trois éprouvettes sollicitées en flexion sous une tension de 20 kg/mm² ont été expérimentées dans chacune des nuances et pour chaque état : I et II.

Les résultats suivants ont été obtenus :

Nuance.	Si %.	Durée jusqu'à rupture. État I.	État II.
A	0,06	158 à 303	5 à 43
B	1,0	700 à 734	77 à 127
C	2,2	293 à 672	112 à 996
D	3,3	>1000	>1000
E	4,0	>1000	>1000
F	4,1	>1000	>1000

L'examen de ce tableau met nettement en évidence l'action bénéfique d'une augmentation de la teneur en silicium; avec une teneur de 3,3 %, les éprouvettes ont été indemnes après une durée de 1000 h. On peut ainsi concevoir que cette addition constitue un procédé très efficace contre le danger de la corrosion sous tension des aciers inoxydables austénitiques.

(*) Séance du 19 novembre 1962.
(1) *Comptes rendus*, 248, 1959, p. 2999.

(*Département des Recherches de la Compagnie des Ateliers et Forges de la Loire, Unieux, Loire.*)

MÉTALLOGRAPHIE. — *Réactifs d'attaque micrographique des dislocations dans le cuivre et évolution des structures de faible écrouissage par traitement thermique.* Note de M. **Jacques Le Héricy**, présentée par M. Georges Chaudron.

La mise en évidence des sous-joints de polygonisation, sur un échantillon de cuivre pur polygonisé d'orientation quelconque, par le réactif micrographique acide nitrique (1 partie)-acide acétique (9 parties), nécessite au préalable un traitement de décoration des dislocations. Celui-ci consiste à faire diffuser dans l'échantillon une impureté, telle que le soufre, au cours d'un traitement thermique de longue durée à 500°C sous vide secondaire (1).

Nous avons constaté qu'un réactif micrographique couramment utilisé pour le cuivre (NH_4OH, 20 ml; eau, 25 ml; H_2O_2 à 3 %, 10 ml) révèle les sous-joints sur une éprouvette polygonisée, décorée au soufre, après une attaque chimique de courte durée. Sans décoration préalable, nous n'avons jamais pu mettre en évidence les dislocations.

La polygonisation est provoquée par un léger écrouissage par traction, suivi d'un recuit au-dessus d'une température dépendant de la pureté du métal. Vient ensuite le traitement thermique de diffusion du soufre pour décorer les sous-joints de polygonisation. Dans cette façon de procéder, nous ignorons donc la structure d'écrouissage. Le traitement de décoration sur un échantillon écroui pouvant modifier cette structure, nous avons cherché à observer les dislocations, sans avoir recours à la décoration, par attaque directe au moyen de réactifs micrographiques appropriés. Nous avons remarqué que le réactif acide nitrique-acide acétique, qui paraissait n'être actif que sur les dislocations décorées, peut, dans certaines conditions d'attaque, révéler les dislocations sur des surfaces proches de (100). Par diffraction des rayons X, on a déterminé que des cristaux à 8° de cette orientation sont encore sensibles à ce réactif.

Par ailleurs, nous avons constaté que l'attaque anodique dans une solution d'hyposulfite de sodium à 0,2 % sous une densité de courant de 1,7 A/dm^2 permet de mettre en évidence les dislocations sur des cristaux voisins de (100) dans un domaine d'orientation analogue au précédent. Il nous a été donné d'observer une fois des dislocations sur un cristal à 11° de (100). Nous avons rencontré des cas où l'émergence des dislocations sur des surfaces proches de (111) a pu être rendue visible. Cette attaque était déjà utilisée pour révéler les dislocations, quelle que soit l'orientation de la surface, dans le cas de la solution solide impure Cu-Zn 65/35 (2).

L'étude d'un faible écrouissage par traction (1 à 2 % d'allongement) d'éprouvettes polycristallines à gros grains, de cuivre de haute pureté, de cuivre de zone fondue flottante, ou de cuivre OFHC purifié par zone

fondue [3] a été faite par micrographie à l'aide des réactifs d'attaque directe décrits ici ou dans la littérature [4]. On constate que la déformation est hétérogène dans l'éprouvette et que la microstructure est variable d'un grain à l'autre. Sur certains grains, on observe les dislocations correspondant à un ou plusieurs systèmes de glissement avec de nombreuses plages présentant des rassemblements importants de dislocations ou une polygonisation de glissement. D'autres grains présentent une sous-structure cellulaire grossière dont les parois sont des régions de forte densité de dislocations [5]. Les aspects observés sont semblables pour les diverses puretés étudiées.

Après des recuits de 40 h à 650°C sous vide de 10^{-4} à 10^{-5} mm de mercure, ou sous hydrogène purifié, on note une évolution de ces sous-structures. De nombreuses plages, qui présentaient une polygonisation de glissement après écrouissage, montrent alors des sous-joints caractéristiques de la polygonisation thermique. Un recuit ultérieur à 800°C augmente la taille des sous-grains, probablement par coalescence de sous-joints et migration des points triples.

Par ailleurs, la sous-structure cellulaire d'écrouissage rencontrée généralement s'affine après un recuit à 650°C et l'on peut remarquer que des sous-joints nets, mais fragmentaires, se substituent aux parois larges à forte densité de dislocations. La sous-structure polygonisée s'améliore et s'intensifie par des recuits à 800°C.

En conclusion, nous montrons que les réactifs d'attaque micrographique étudiés constituent des réactifs spécifiques des surfaces voisines de (100) pour le cuivre. La sous-structure cellulaire obtenue après un faible écrouissage correspond, à une échelle plus grande, à celle observée au microscope électronique [6]. Les réactifs micrographiques pour l'attaque directe des dislocations nous ont permis d'étudier les sous-structures d'écrouissage et leur évolution vers l'état polygonisé par des recuits à 650°C et le perfectionnement de cet état à des températures supérieures. Les résultats obtenus corroborent une étude antérieure [7] et sont en accord avec ceux donnés par microscopie électronique [8].

(1) F. BOURELIER et J. MONTUELLE, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 4355.
(2) P. A. JACQUET, *Acta Met.*, 2, 1954, p. 752.
(3) J. LE HÉRICY, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1385 et 1509; 253, 1961, p. 1687.
(4) L. C. LOVELL et J. H. WERNICK, *J. Appl. Phys.*, 30, 1959, p. 590; J. D. LIVINGSTON, *Ibid.*, 31, 1960, p. 1071; F. W. YOUNG, *J. Appl. Phys.*, 32, 1961, p. 192.
(5) J. D. LIVINGSTON, *Acta Met.*, 10, 1962, p. 229.
(6) E. VOTAVA et A. FOURDEUX, 4e *Intern. Kongr. Elektronenmikrospie*, Berlin, 1, 1958, p. 556-559; H. M. TOMLINSON, *Phil. Mag.*, 3, 1958, p. 867; M. J. WHELAN, *Rev. Met.*, 56, 1959, p. 153; D. H. WARRINGTON, *European Regional Conference on Electron Microscopy*, Delft, 1, 1961, p. 356; A. HOWIE, *Ibid.*, p. 338; J. E. BAILEY, *Ibid.*, p. 433; F. BOURELIER et J. MONTUELLE (sous presse).
(7) J. LE HÉRICY, Mme F. BOURELIER et J. MONTUELLE, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1779 et Communication aux *Journées métallurgiques d'Automne*, Paris, octobre 1960.
(8) E. VOTAVA, *Acta Met.*, 9, 1961, p. 870.

(*Laboratoire de Vitry du C. N. R. S.*)

CHIMIE THÉORIQUE. — *Conduction électronique dans le DNA et dans le complexe DNA-Mg^{2+}*. Note (*) de Mme **Andrée Goudot**, présentée par M. Louis de Broglie.

Calcul des niveaux d'énergie des électrons libres dans les molécules : adénine-thymine, guanidine-cytosine et adénine-Mg^{2+}-thymine, guanidine-Mg^{2+}-cytosine. Les résultats montrent des niveaux dégénérés dans le DNA et le DNA-Mg^{2+}. De plus il existe une bande de conduction dans le DNA-Mg^{2+}.

On a montré expérimentalement que la conductibilité d'une solution DNA-Mg^{2+} est plus grande que celle d'une solution aqueuse de DNA pur ([1]). D'autre part les propriétés électriques ([2]) de DNA ont été étudiées sous forme de DNA-Na^{+}.

Dans l'acide désoxyribonucléique les molécules purine-pyrimidine forment des plans adénine-thymine et guanidine-cytosine qui sont parallèles et distants seulement de 3,4 Å. Il peut donc y avoir interaction entre ces molécules planes et en particulier transfert d'électrons mobiles si leur niveaux d'énergie moléculaires le permettent. D'où l'intérêt de cette étude théorique du DNA pur et du complexe DNA-Mg^{2+}.

1. DNA. — Calcul des niveaux d'énergie des électrons mobiles et des charges pour chacune des molécules adénine-thymine et guanidine cytosine. Ces niveaux se trouvant dans des plans parallèles, on peut les comparer selon leur valeur.

1° *Adénine-thymine* (AT). — Le calcul de l'énergie de délocalisation montre que dans la molécule AT, une charge voisine de celle de deux électrons passe de l'adénine sur la thymine. Ceci peut être dû aux deux groupements CO, fortement accepteurs π de la thymine.

2° *Guanidine-cytosine* (GC). — Dans la molécule GC la guanidine et la cytosine gardent sensiblement chacune leurs charges respectives.

3° *Interactions dans le DNA*. — *a*. Niveaux occupés :

AT : 3,821; 3,690; 3,651; 3,436; 2,847; 2,467; 2,321; 1,967 et 1,629;

GC : 3,781; 3,649; 3,396; 3,234; 2,584; 2,527; 2,467; 2,299; 1,759 et 1,321.

Les molécules AT et GC ont un niveau de même énergie (2,467) ce niveau est alors un niveau d'énergie dégénéré pour la molécule de DNA.

b. Plus bas niveau libre : Pour AT : 1,241 et pour GC : 1,178.

Le plus bas niveau libre de l'AT étant situé au-dessous de celui de GC, si une énergie d'excitation permet le passage du plus haut niveau occupé (celui de GC : 1,321) au plus bas niveau libre (celui de AT : 1,241) il y aura transfert électronique de GC sur AT, mais cette transition ne pourra se continuer de TA sur GC donc le long de la molécule de DNA.

2. DNA-Mg^{2+}. — Mg^{2+} donne des complexes hexavalents octaédriques. Le plan pyrimidine-Mg^{2+} purine est alors un plan de symétrie du complexe

où Mg^{2+} est lié aux quatre atomes qui étaient reliés deux à deux par des liaisons H dans le DNA pur. Il peut y avoir ainsi autant de cations métalliques que de plans purine-pyrimidine dans la molécule de DNA. La distance entre purine et pyrimidine ne subit pas un grand changement. Elle est dans le DNA de 2,8 à 3 Å. Or le rayon ionique de Mg^{2+} étant de 0,78 Å, on a Mg^{2+}-O = 1,44 Å et Mg^{2+} — N = 1,48 Å. D'où entre purine-Mg^{2} -pyrimidine une distance voisine de 2,92 Å.

1° *Adénine-Mg^{2+}-thymine* (AT-Mg^{2+}) — Comme dans le DNA pur une charge voisine de deux électrons, passe de l'adénine sur la thymine.

Le plus haut niveau occupé pour DNA-$^{2+}$Mg (1,632) est très voisin de celui de DNA (1,629). Mais le plus bas niveau libre s'est rapproché des niveaux occupés. Il est de 1,363 pour DNA-Mg^{2+} au lieu de 1,241 pour DNA.

2° *Guanidine-Mg^{2+}-cytosine* (GC-Mg^{2+}). — La guanidine et la cytosine conservent leurs charges propres. Le plus haut niveau occupé est le même (1,322). Il y a rapprochement du plus bas niveau libre avec le plus haut niveau occupé : 1,285 au lieu de 1,178.

3° *Interactions dans le DNA-Mg^{2+}*. — *a.* Niveaux occupés :

AT-Mg^{2+} : 3,843; 3,699; 3,576; 3,479; 2,969; 2,454; 2,310; 1,966 et 1,632.

GC-Mg^{2+} : 3,797; 3,651; 3,425; 3,307; 2,672; 2,558; 2,467; 2,310; 1,767 et 1,322.

Comme dans le DNA pur il y a dans le DNA-Mg^{2+} un niveau dégénéré (2,310) situé cependant un peu plus haut.

b. Plus bas niveau libre : Pour AT-Mg^{2+} : 1,363 et pour GC-Mg^{2+} : 1,285.

Si l'on compare les niveaux d'énergie des électrons libres pour les plans purine-pyrimidine on a.

	AT-Mg^{2+}.		GC-Mg^{2+}.
Plus haut niveau occupé	1,632	et pour	1,332
Plus bas niveau libre	1,363		1,285

Le plus bas niveau libre de AT-Mg^{2+} est de plus basse énergie que le plus haut niveau occupé de GC-Mg^{2+}. Il peut y avoir transition spontanée du plus haut niveau occupé de CG-Mg^{2+} sur le plus bas niveau libre de AT-Mg^{2+} et vice versa. Ces niveaux sont d'ailleurs très voisins et ils forment une étroite *bande de conduction*. Cette bande de conduction permet la conductibilité électronique à travers le DNA-Mg^{2+}. Le fait de l'étroitesse de cette bande la rend très spécifique. Cette caractéristique permet d'expliquer certaines propriétés électriques de ces complexes étudiés *in vitro*.

Charges. — Si l'on considère la répartition des charges sur chacune des molécules planes adénine-thymine et guanidine-cytosine, puisqu'on place les deux figures de telle façon qu'une pyrimidine se superpose à une purine et vice versa, on voit alors que le CO (— 0,99) le plus chargé de la cytosine se trouve au-dessus du NH_2 (+ 0,95) le plus positif de l'adénine. En

retour le groupement CO (— 0,83) de la thymine se situe juste au-dessous du groupement NH_2 (+ 0,36) de la guanidine. Ce qui peut permettre des interactions coulombiennes entre ces groupements (*fig.* 1 et 2).

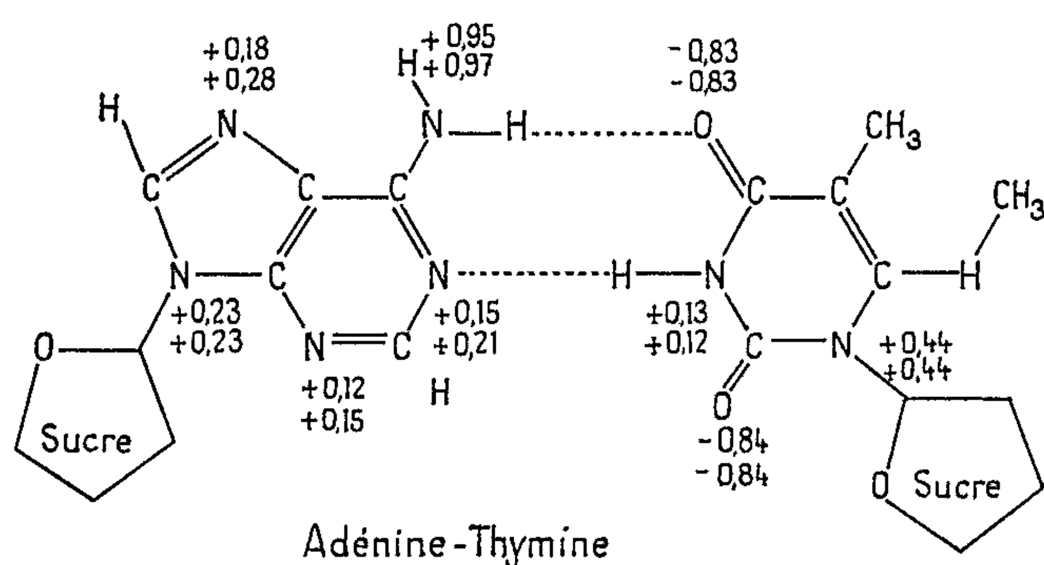


Fig. 1.

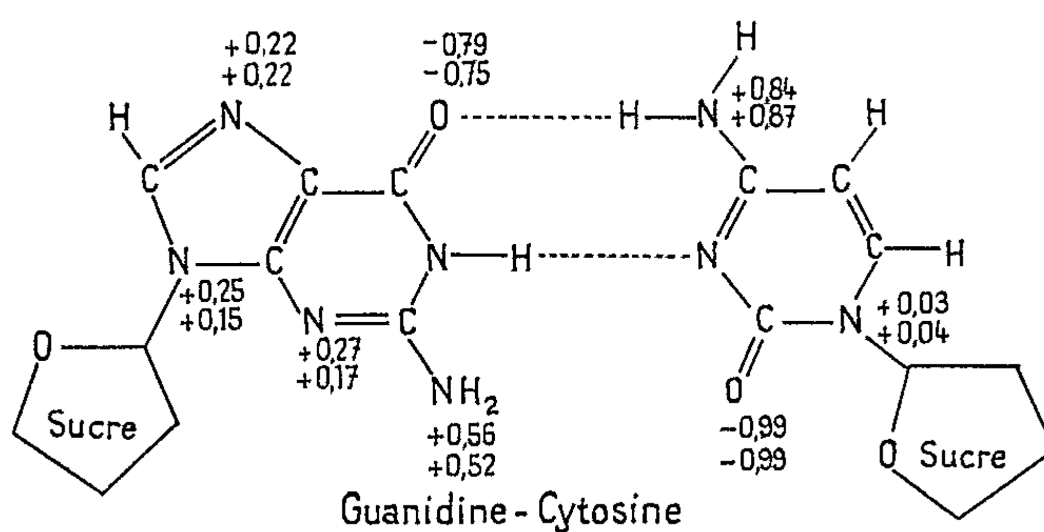


Fig. 2.

Discussion. — Ces résultats semblent montrer : 1° soit que les propriétés trouvées *in vitro* pour les composés organo-métalliques de DNA ne se retrouvent pas *in vivo* pour le DNA pur; 2° soit que *in vivo* le DNA forme un complexe organo-métallique et peut alors présenter les mêmes propriétés que celles trouvées pour ces complexes *in vitro*.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) G. Zubay et L. Doty, *Bioch. Bioph. Acta*, 29, 1958, p. 51.

(2) P. Douzou, C. Sadron et J. Polonsky, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 710; 251, 1960, p. 722.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les produits de réduction des acides molybdosiliciques α et β.* Note (*) de MM. **Daniel Burnel**, **Denis Hauden** et **Léon Malaprade**, transmise par M. Paul Pascal.

Strickland [1] a montré que l'action de la silice sur une solution acide de molybdate conduit d'abord à la formation d'un acide molybdosilicique instable (forme β) qui évolue ensuite en la forme stable α. Le chlorure stanneux reduit les deux formes en leur ôtant quatre faradays par mole, puis plus difficilement un cinquième faraday.

Nous avons étudié l'action réductrice sur les formes α et β, du chlorure titaneux, de l'acide ascorbique, et du sulfate ferreux en présence d'un complexant (acide oxalique ou acide éthylène-diaminotétraacétique). Nous avons opéré par titrages potentiométriques et photocolorimétriques.

Tous ces réducteurs transforment les acides α et β en composés bleus (céruléos). On constate une action variable d'un réducteur à l'autre sur une même forme α ou β, et variable pour un même réducteur suivant qu'il agit sur la forme α ou la forme β.

Il doit exister plusieurs composés céruléomolybdosiliciques distincts. Par exemple, pour une même concentration et un même degré de réduction, l'absorbance du bleu β au chlorure stanneux est à $\lambda = 800$ mμ, quatre fois plus élevée que celle du bleu β à l'acide ascorbique.

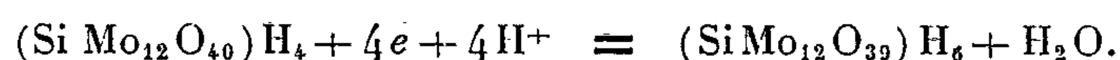
Les bleus α et β ascorbiques ne se transforment pas l'un en l'autre.

La réduction d'une solution d'acide α par l'acide ascorbique permet l'isolement, sous forme de petits cristaux bleu intense, du « bleu ascorbique α ». La même réaction avec l'acide β n'a pas conduit à un produit défini.

Le bleu ascorbique α correspond à l'acide α ayant perdu exactement 4 F. Sa courbe de neutralisation indique 6 H acides, les constantes d'acidité allant de pK_a 2 à 6. Une transformation très lente a lieu après neutralisation.

Le potentiel normal d'oxydoréduction du système acide α-bleu α est de + 0,28 V. Il décroît quand le pH croît d'environ 0,06 V par unité de pH, puis reste sensiblement constant à partir de pH 5 (rappelons qu'à partir de pH 5, l'acide α se décompose).

Ces faits conduisent à la réaction



$$(Si\,Mo_{12}O_{40})H_4 + 4e + 4H^+ \rightleftharpoons (Si\,Mo_{12}O_{39})H_6 + H_2O.$$

Il y a bien dans le bleu α cristallisé 12 Mo pour 1 Si.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) J. H. D. Strickland, *J. Amer. Chem. Soc.*, 74, 1952, p. 862.

(*Laboratoire de Chimie analytique, Faculté des Sciences de Nancy.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques réactions du bromo-3 butène-3 nitrile et du bromo-3 butène-3 oate d'éthyle. Préparation du butyne-2 nitrile.* Note (*) de MM. **Roger Vessière** et **François Théron**, présentée par M. Marcel Delépine.

Soumis à l'action d'agents nucléophiles, le bromo-3 butène-3 nitrile et le bromo-3 butène-3 oate d'éthyle ([1]) peuvent donner lieu, soit à des réactions de substitution de l'atome d'halogène accompagnées d'une transposition allylique (prototropie), soit à des réactions d'élimination, le départ d'une molécule d'acide bromhydrique amenant la formation de composés à structure allénique.

A. *Les réactions de substitution* sont observées quand on oppose, au nitrile ou à l'ester bromés, des réactifs tels que l'éthylate de sodium ou la diéthylamine.

L'action de l'éthylate de sodium sur le bromo-3 butène-3 nitrile, dans des conditions opératoires déjà précisées ([2]), conduit à l'éthoxy-3 butène-2 nitrile. Le spectre infrarouge et les constantes physiques du produit : $É_{17}$ 80-81°; $n_D^{18,5}$ 1,4557; $d_4^{18,5}$ 0,9454 permettent de le considérer comme identique à celui obtenu antérieurement par Kurtz ([3]).

Dans des conditions analogues, le même réactif, agissant sur le bromo-3 butène-3 oate d'éthyle, permet d'obtenir des cristaux fondant à 30-31° (alcool) qu'un essai de mélange caractérise comme l'éthoxy-3 butène-2 oate d'éthyle ([2]).

Enfin, on accède au diéthylamino-3 butène-2 oate d'éthyle ([2]) par action de la diéthylamine sur l'ester bromé.

Dans tous ces cas, la réaction apparaît être stéréospécifique et n'amener la formation que du seul isomère trans.

B. *Les réactions d'élimination* constituent des voies d'accès intéressantes à des composés de structure allénique.

1. Action du carbonate de sodium sur le bromo-3 butène-3 oate d'éthyle. — Sans aller jusqu'au reflux, on chauffe en agitant violemment un mélange de 32 g d'ester et de 200 ml d'une solution de Na_2CO_3 à 10 %. Lorsqu'on constate, en cessant momentanément l'agitation, que la couche organique surnage (ce qui demande environ 5 h), on abandonne au refroidissement. On extrait à l'éther, sèche sur Na_2SO_4, chasse l'éther et distille.

Deux tours de distillation fournissent 8 g (Rdt 43 %) d'un liquide présentant les constantes suivantes : $É_{15}$ 42-42°,5; $n_D^{18,5}$ 1,4597; $d_4^{18,5}$ 0,9725; R. M. théor. pour $C_6H_8O_2$: 30,52; mes. : 31,52; P. M. théor. pour $C_6H_8O_2$: 112; mes. : 111,7 (saponification).

Le spectre infrarouge présente les maximums d'absorption suivants : 5,08, 5,17, 9,13 et 11,79 μ : $>C=C=C<$; 5,90 μ : $>C=O$ (ester).

Le spectre Raman présente des raies caractéristiques de la structure allénique à 1968, 1934, 1088 et 853 cm^{-1} et une raie C=O (ester) à 1711 cm^{-1}.

Ce produit s'identifie au butadiène-2.3 oate d'éthyle antérieurement décrit par Eglenton [4], puis par Rosenthal [5]. Avec ce dernier auteur, nous considérons comme incorrect le point d'ébullition donné par Eglenton.

2. Action de la soude sur le bromo-3 butène-3 oate d'éthyle. — On agite pendant 12 h, 35 g d'ester bromé avec une solution de soude (18 g dans 350 ml d'eau). Le mélange s'échauffe et la phase organique disparaît progressivement. La réaction terminée, on acidifie, extrait trois fois à l'éther, sèche sur Na_2SO_4 et chasse l'éther.

On obtient finalement 9 g (Rdt 59 %) d'un solide fondant à 66-67° (éther de pétrole) qui constitue le butadiène-2.3 oïque déjà obtenu par Eglenton [4]. P. M. théor. pour $C_4H_4O_2$: 84; mes. : 83,6 (acidimétrie).

Le spectre infrarouge présente les maximums d'absorption suivants : 5,08, 5,16 et 11,72 μ : $>C=C=C<$; 5,91 μ : $>C—O$ (acide).

Nota. — En arrêtant la réaction dès que la couche organique est passée en surface et sans attendre la disparition de cette couche, il devient possible d'isoler, dans la même opération, le butadiène-2.3 oate d'éthyle par extraction en milieu basique, puis le butadiène-2.3 oïque par extraction des eaux après acidification.

3. Action du carbonate de sodium sur le bromo-3 butène-3 nitrile. — On traite, comme indiqué au paragraphe 1 et pendant 1 h, un mélange de 49 g de nitrile bromé et de 250 ml d'une solution de Na_2CO_3 à 8 %. Deux tours de rectification permettent d'isoler 16 g (Rdt 72 %) d'un liquide puissamment lacrymogène identique au butadiène-2.3 nitrile isolé par Kurtz [3] dans les produits de cyanuration du chlorure de propargyle [3]. Les constantes physiques obtenues sont : $É_{35}$ 51-51°,5; $n_D^{17,5}$ 1,4649; $d_4^{17,5}$ 0,8813; R. M. théor. pour $CH_2=C=CH—CN$: 19,57; mes. : 20,38.

Le spectre Raman présente des raies caractéristiques de la structure allénique à 1,974 et 1102 cm^{-1} et une raie nitrile à 2 223 cm^{-1}.

Le spectre infrarouge laisse apparaître les maximums d'absorption suivants : 5,08, 5,17, 9,03 et 11,62 μ : $>C=C=C<$; 4,49 μ : $—C\equiv N$.

4. Action de la soude sur le bromo-3 butène-3 nitrile. — On agite pendant 7 mn, à froid, 98 g de nitrile bromé et une solution de 34 g de soude dans 500 ml d'eau. Le mélange s'échauffe fortement. Après refroidissement, on extrait trois fois à l'éther, sèche sur Na_2SO_4 et chasse l'éther.

Deux tours de rectification permettent d'isoler 30 g (Rdt 68 %) d'un liquide cristallisant à 16-17° et présentant les constantes suivantes : $É_{735}$ 108-109°; $É_{146}$ 60,5-61°; n_D^{17} 1,4378; d_4^{17} 0,8686; R. M. théor. pour $CH_3—C\equiv C—CN$: 18,50; mes. : 19,63.

Le spectre infrarouge présente des raies intenses dans la région 2 150-2 260 cm^{-1} où se situent les raies caractéristiques des structures $—C\equiv C—$ et $—C\equiv N$.

La spectrographie Raman laisse apparaître des raies analogues dans la même région du spectre.

Ce produit constitue le butyne-2 nitrile partiellement décrit par Shéridan (6).

5. Préparation du butyne-2 nitrile. — La réaction utilisée au paragraphe 4 constitue déjà une voie d'accès au butyne-2 nitrile plus aisée que celle utilisée par Sheridan (6).

On peut, cependant, accéder encore plus facilement à ce nitrile acétylénique par isomérisation, au moyen d'une solution de soude à 2,5 %, soit du butadiène-2.3 nitrile pur, soit, plus simplement, d'un mélange de butyne-3 nitrile et de butadiène-2.3 nitrile tel qu'on l'obtient dans la cyanuration du chlorure de propargyle selon la technique de Kurtz (3). Le rendement est de l'ordre de 75 %.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) R. Vessière et F. Théron, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 676-677.

(2) R. Vessière, *Bull. Soc. Chim.*, 1959, p. 1648-1649.

(3) P. Kurtz, *Liebigs Ann. Chem.*, 624, 1959, p. 1-25.

(4) G. Eglenton et coll., *J. Chem. Soc.*, 1954, p. 3197.

(5) R. Rosenthal et L. H. Schwartzman, *J. Org. Chem.*, 24, 1959, p. 836-839.

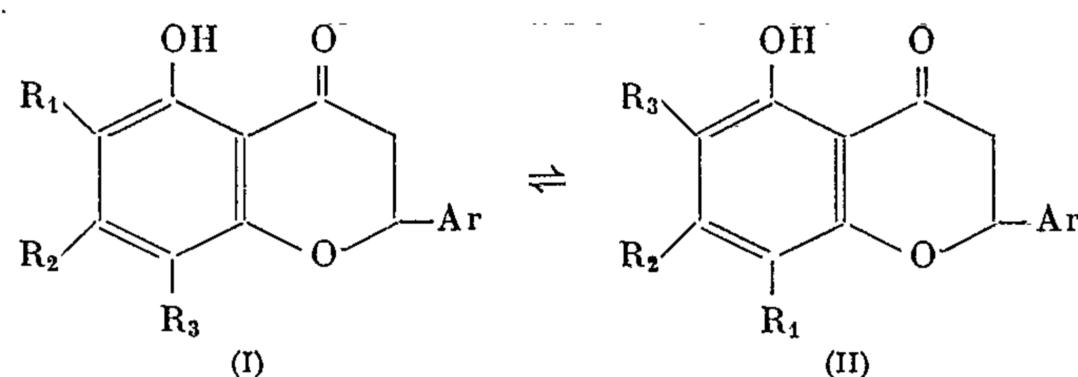
(6) J. Sheridan et L. F. Thomas, *Nature*, 174, 1954, p. 798.

(*Faculté des Sciences, Laboratoire de Chimie organique IV, rue Paul-Collomp, Clermont-Ferrand.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un exemple de l'influence d'un groupement méthoxyle en 4′ sur la stabilité de l'hétérocycle des flavanones.* Note (*) de M. **Jean Chopin**, M[lles] **Michèle Chadenson** et **Marie-Louise Bouillant**, transmise par M. Marcel Delépine.

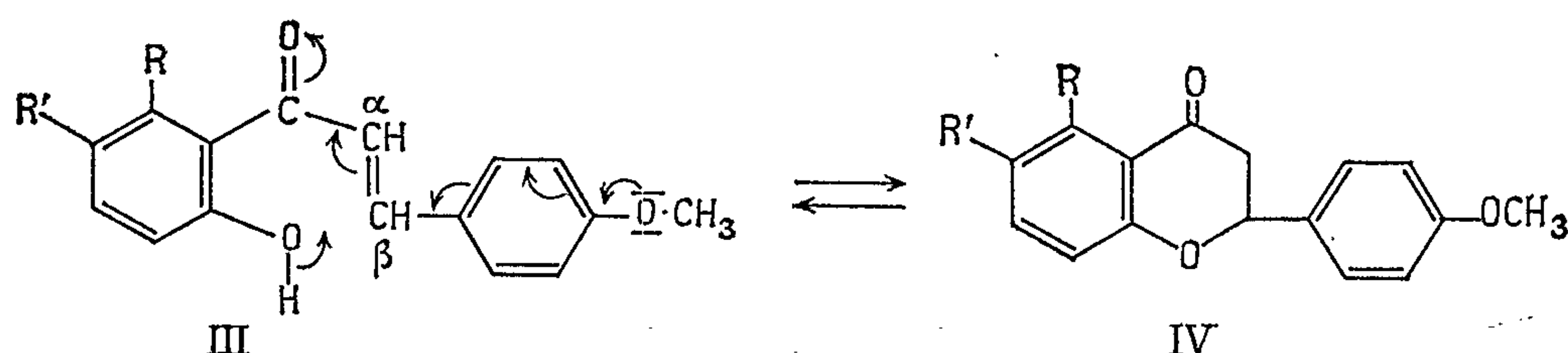
Alors que les dihydroxy-5.8 et 5.6 flavanones ne subissaient pas de transposition alcaline, la dihydroxy-5.8 méthoxy-4′ flavanone se transpose totalement dans ces conditions en dihydroxy-5.6 méthoxy-4′ flavanone. Cette différence est attribuée à l'effet mésomère du méthoxyle en 4′ sur la stabilité relative de la flavanone et de la chalcone correspondante.

Au cours de nos recherches antérieures sur la transposition alcaline des hydroxy-5 flavanones suivant le schéma



nous avons observé une anomalie de comportement des dihydroxy-5.8 et 5.6 flavanones (I et II, $R_1 = R_2 = H$, $R_3 = OH$, $Ar = C_6H_5$) en ce sens qu'aucune d'elles ne subissait de transposition par traitement acide ou alcalin ([1]). Nous avons attribué ce fait à une stabilité inhabituelle de l'hétérocycle oxygéné de l'une au moins de ces flavanones. Nous nous sommes alors proposé d'étudier le comportement des méthoxy-4′ dihydroxy-5.8 et 5.6 flavanones.

En effet, dans l'équilibre prototropique hydroxy-2′ chalcone ⇌ flavanone, la cyclisation est favorisée par le caractère électrophile du carbone β de la chalcone, dû à la présence du carbonyle conjugué.



Ce caractère électrophile est également influencé par la nature du cycle attaché au carbone β. Comme l'ont récemment montré Tirouflet et Corvaisier ([2]) dans leur étude polarographique de l'équilibre *o*-hydroxychalcone ⇌ chromanone, la stabilité de la chalcone croît avec l'électropositivité de ce cycle.

Dans le cas d'un noyau phényle, l'introduction en para du carbone β d'un groupement méthoxyle, à effet électromère positif, doit de même augmenter la stabilité de la chalcone.

C'est ce que l'expérience a vérifié puisque, par traitement à la soude alcoolique à chaud suivi d'acidification, la méthoxy-4' dihydroxy-5.8 flavanone est totalement transposée en isomère 5.6. La première (I, $R_1 = R_2 = H$, $R_3 = OH$, $Ar = p\text{-}CH_3O{-}C_6H_4$), F 164-165° λ_{max}^{EtOH} 275 et 385 mμ, a été préparée par parahydroxylation au persulfate de l'hydroxy-5 méthoxy-4' flavanone (I, $R_1 = R_2 = R_3 = H$, $Ar = p\text{-}CH_3O{-}C_6H_4$), F 86-87°, λ_{max}^{EtOH} 272 et 350 mμ, elle-même obtenue par débenzylation acide cyclisante de l'hydroxy-2' méthoxy-4 benzyloxy-6' chalcone (III, $R = OCH_2C_6H_5$, $R' = H$), F 139-140°. La seconde (II, $R_1 = R_2 = H$, $R_3 = OH$, $Ar = p\text{-}CH_3O{-}C_6H_4$), F 175-176°, λ_{max}^{EtOH} 275 et 385 mμ, a été préparée par la méthode que nous avons précédemment décrite ([3]) pour la synthèse de la dihydroxy-5.6 flavanone. La dihydroxy-2'.5' diméthoxy-4.6' chalcone (III, $R = OCH_3$, $R' = OH$), F 144-146°, λ_{max}^{EtOH} 348 mμ, obtenue par condensation de l'anisaldéhyde et de la dihydroxy-2.5 méthoxy-6 acétophénone préparée suivant ([4]), a été cyclisée en milieu acide en hydroxy-6 diméthoxy-5.4' flavanone (IV, $R = OCH_3$, $R' = OH$), F 168-170°, λ_{max}^{EtOH} 270 et 360 mμ, dont la déméthylation par $AlCl_3$ dans l'éther a conduit à la dihydroxy-5.6 méthoxy-4' flavanone cherchée.

L'isomérisation alcaline a été suivie par chromatographie sur papier. Avec le butanol saturé d'eau comme solvant et sur papier imprégné de borate de sodium 1 %, la dihydroxy-5.8 méthoxy-4' flavanone donne une tache de R_f 0,92 révélée en brun par $FeCl_3$ tandis que la flavanone dihydroxylée en 5.6 donne une tache de R_f 0,46 révélée en vert par $FeCl_3$.

Dans le même solvant, mais sur papier imprégné d'acétate neutre de plomb à 1 %, l'isomère 5.8 donne une tache jaune pâle de R_f 0,90 et l'isomère 5.6 une tache rouge orangé de R_f 0.

La chromatographie dans les mêmes conditions du produit brut du traitement alcalin de l'isomère 5.8 ou de l'isomère 5.6 ne donne que la tache correspondant à l'isomère 5.6.

En conclusion, l'introduction d'un méthoxyle en 4' diminue suffisamment la stabilité de l'hétérocycle de la dihydroxy-5.8 flavanone correspondante pour permettre sa transposition alcaline en isomère 5-6.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

([1]) M. CHADENSON, J. CHOPIN et M.-L. BOUILLANT, *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1962, p. 1457.
([2]) *Bull. Soc. Chim. Fr.*, 1962, p. 540.
([3]) J. CHOPIN, M.-L. BOUILLANT et M. CHADENSON, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1021.
([4]) W. BAKER, *J Chem. Soc.*, 1939, p. 956.

(*Laboratoire de Chimie biologique, Faculté des Sciences, Lyon.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Préparation à l'état pur des carbures alléniques trisubstitués.* Note (*) de M. **Ygor Pasternak**, par M. Marcel Delépine.

On obtient à l'état pur des carbures alléniques trisubstitués par action des halogénures α-acétyléniques tertiaires sur les composés organomagnésiens, à condition d'effectuer l'hydrolyse en milieu non acide. Les rendements sont quantitatifs. Un certain nombre de carbures alléniques obtenus par cette méthode sont décrits.

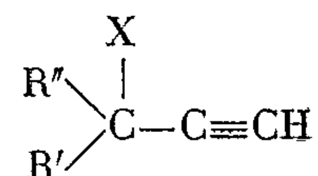
Les méthodes de préparation des carbures alléniques comprennent : l'isomérisation de certains carbures acétyléniques ([1]), l'action du zinc dans l'alcool sur les dérivés éthyléniques dibromés ([2]) (toutes deux de portée pratique très réduite), l'action plus générale du couple zinc-cuivre [([3]), ([4]), ([5]), ([6])] ou de l'hydrure de lithium-aluminium sur les halogénures ([7]) α-acétyléniques vrais et enfin les méthodes utilisant certains composés organomagnésiens.

Avec les organomagnésiens deux voies peuvent être envisagées, soit l'hydrolyse des organomagnésiens des halogénures α-acétyléniques [([4]), ([5]), ([8]), ([9])] soit une réaction d'échange entre un organomagnésien et un dérivé acétylénique α-halogéné.

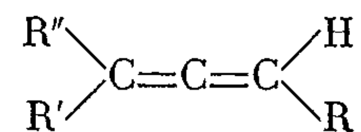
Cette dernière méthode a été systématiquement utilisé par Gaudemar ([8]) avec le bromure de propargyle et essayée sur certains halogénures par Zakharova [([10]), ([11])] qui seule obtient quelques dérivés à liaison allénique interne, tous les autres procédés conduisant aux carbures alléniques en bout de chaîne.

Les divers résultats présentent des différences notables quant à la nature et aux proportions des carbures isomères obtenus. En nous inspirant d'une remarque de Kirrmann ([12]), nous avons pensé que ces résultats contradictoires étaient dus à des différences d'acidité du milieu hydrolysant.

Nous avons donc fait réagir des composés halogénés α-acétyléniques tertiaires

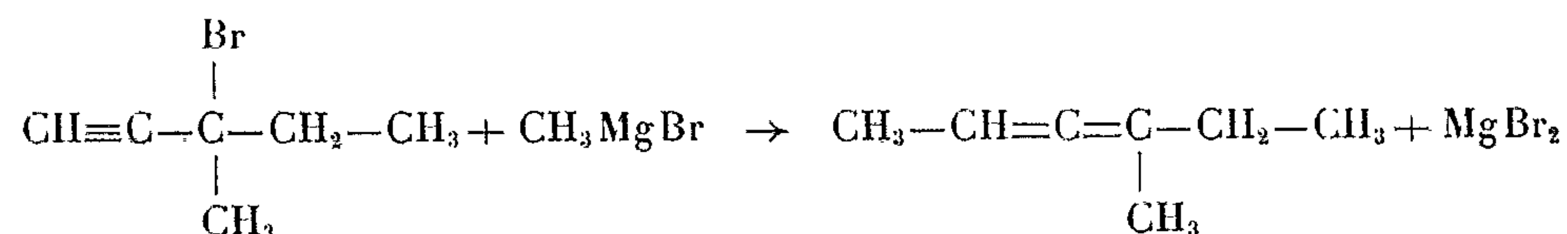


sur les organomagnésiens et effectué l'hydrolyse en évitant toute trace d'acides. Nous avons dans ces conditions obtenu des carbures de la forme



avec des rendements quantitatifs et à un état de pureté tel que la chromatographie en phase gazeuse ne décèle la présence d'aucun isomère. Par

exemple, le bromo-3 méthyl-3 pentyne-1 réagit avec le bromyre de méthylmagnésium et l'on peut formuler globalement la réaction



$$CH{\equiv}C{-}\underset{CH_3}{\overset{Br}{C}}{-}CH_2{-}CH_3 + CH_3MgBr \rightarrow CH_3{-}CH{=}C{=}\underset{CH_3}{C}{-}CH_2{-}CH_3 + MgBr_2$$

L'exaltation de la réfraction moléculaire de ces carbures est voisine de 1 et leurs spectres infrarouges montrent un affaiblissement notable de l'absorption à 1980 cm^{-1} et la disparition totale d'absorption à 850 cm^{-1}, ces deux bandes étant au contraire très intenses dans le cas des composés alléniques en bout de chaîne.

Étude expérimentale. — On dispose de l'appareillage classique et l'on procède suivant le mode opératoire habituel pour les organomagnésiens. On utilise deux moles d'halogénure par litre d'éther et une quantité de bromure acétylénique légèrement inférieure à la quantité théorique.

On verse le bromure sur l'organomagnésien; au début, on déclenche une réaction assez vive soit spontanément, soit à l'aide d'une lampe à incandescence, puis l'addition de bromure est réglée de façon à maintenir une ébullition modérée de l'éther. Vers la fin de la réaction le milieu se sépare en deux phases liquides.

On verse ensuite avec précaution le mélange dans une ampoule à décanter surmontée d'un entonnoir rempli de glace pilée, on lave à l'eau glacée. Le produit décanté est séché sur carbonate de potasse anhydre. La chromatographie en phase vapeur de la solution éthérée, confirmée par le spectre infrarouge, montre qu'on obtient ainsi un seul carbure qui est allénique. Il est parfois souillé d'un peu d'halogénure n'ayant pas réagi.

Par distillation on obtient du premier jet le carbure allénique pur. Par contre, l'introduction au cours des manipulations de quantités minimes de produits divers, entre autres acides (de Lewis ou autres) provoque des transpositions nombreuses et des polymérisations.

On a pu ainsi dénombrer jusqu'à six isomères différents et constater la disparition totale du composé allénique.

Le mode de synthèse décrit plus haut nous a permis d'obtenir les carbures alléniques dont les constantes physiques sont données ci-après :

le méthyl-2 pentadiène-2.3 (C_6H_{10}) : $É_{110}$ 31,5°C; n_D^{17} 1,4380; d_4^{17} 0,713; R. M., calculé, 29,07; trouvé, 30,15.

le méthyl-2 hexadiène-2.3 (C_7H_{12}) : $É_{74}$ 33,5°; n_D^{17} 1,4400; d_4^{17} 0,731; R. M., calculé, 33,71; trouvé, 34,80.

Le méthyl-4 hexadiène-2.3 (C_7H_{12}) : $É_{75}$ 35°; n_D^{18} 1,4410; d_4^{18} 0,730; R. M., calculé, 33,71; trouvé, 34,80.

Le méthyl-3 heptadiène-3.4 (C_8H_{14}) : $É_{24}$ 30,5°; n_D^{18} 1,4485.

Tous ces produits sont purs à l'exception du dernier qui n'est qu'à 90 % de pureté.

(*) Séance du 5 décembre 1962.
(1) FAVORSKY, *J. prakt. Chem.*, 392, 1888.
(2) BOUIS, *Ann. Chim.*, 1928, p. 402.
(3) J. A. GINSBURG, *J. Gen. Chim. U. R. R. S.*, 10, 1940, p. 513.
(4) J. H. HENNION et J. J. SHEEHAN, *J. Amer. Chem. Soc.*, 71, 1949, p. 1964.
(5) J. H. WOTIZ, *J. Amer. Chem. Soc.*, 73, 1951, p. 693.
(6) M. BERTRAND, *Thèse*, Marseille, avril 1959.
(7) W. J. BAILEY et C. R. PFEIFER, *J. Org. Chem.*, 20, 1955, p. 95.
(8) GAUDEMAR, *Ann. Chim.*, 1, 1956, p. 161.
(9) Y. PASTERNAK, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1750.
(10) A. I. ZAKHAROVA, *C. A.*, 42, 1948, p. 3722.
(11) A. I. ZAKHAROVA, *C. A.*, 47, 1953, p. 6957.
(12) A. KIRRMANN, *Commentaires oraux sur une thèse*, Marseille, octobre 1962.

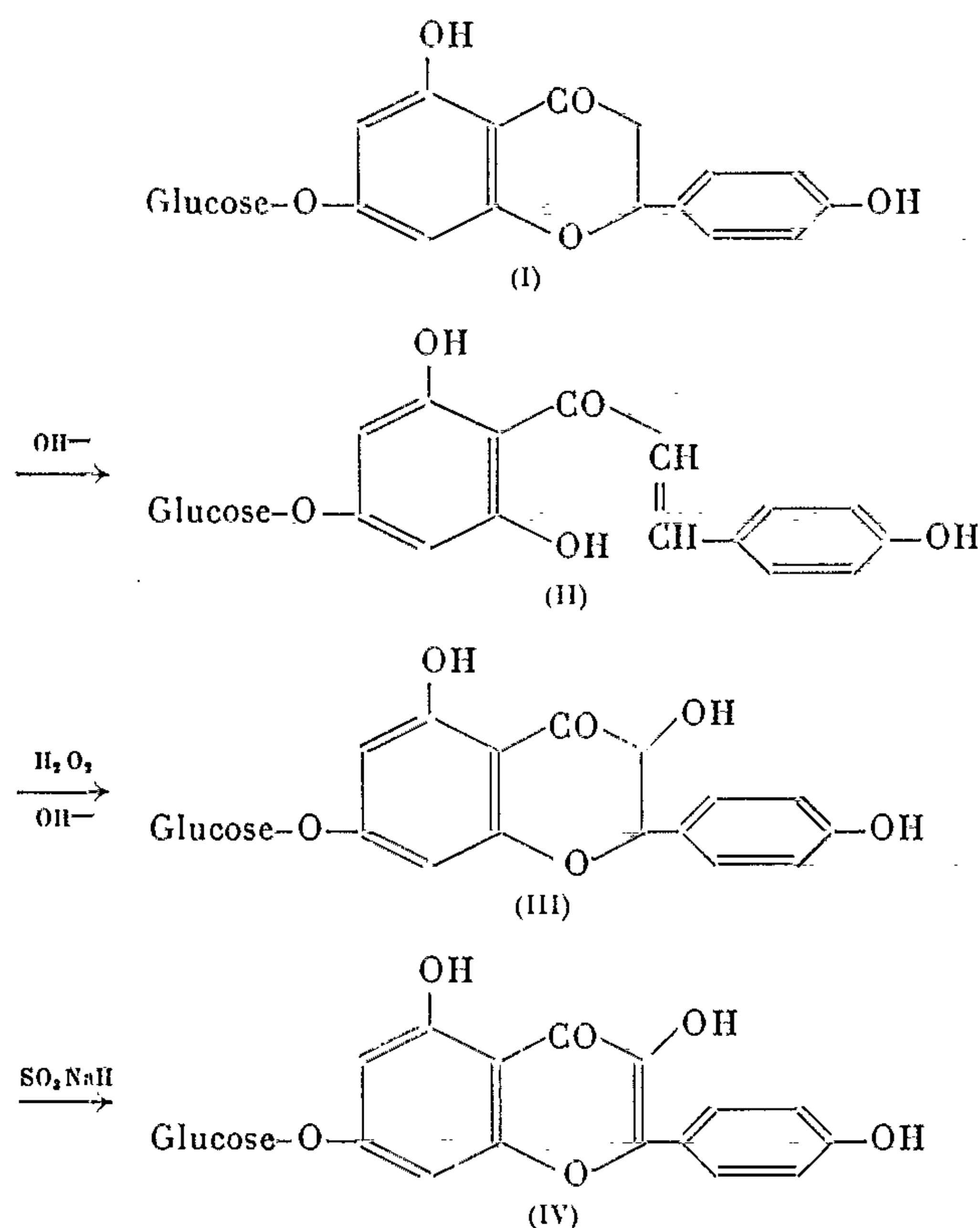
(*École de Chimie, Faculté des Sciences, Marseille.*)

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur un procédé de préparation des glucosides-7 flavonols à partir des glucosides-7 flavanones.* Note (*) de M. **Henri Pacheco** et Mlle **Annie Grouiller**, transmise par M. Marcel Delépine.

Deux glucosides de flavanones : prunine et hespéridine ont été transformés en glucosides de flavonols.

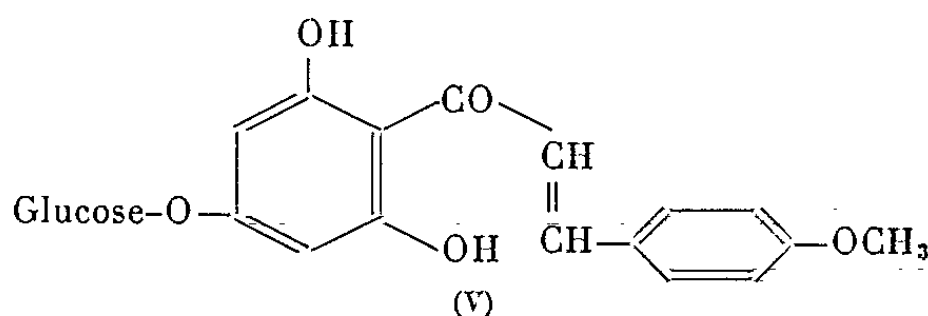
La prunine (I) se transforme, en milieu alcalin, en glucoside de chalcone (II). La conversion de ce dernier en glucoside-7 aromodendrine (III), par traitement à l'eau oxygénée en milieu alcalin, puis en glucoside-7 kaempférol (IV), par oxydation au moyen d'une solution de bisulfite de sodium, a déjà été décrite par l'un de nous ([1]).

Auparavant, Reichel et Steudel ([2]) avaient obtenu à l'aide d'une technique voisine plusieurs glucosides-7 flavonols, non hydroxylés en 5, à partir de glucosides de chalcones dérivant de la résacétophénone. Mais, ils n'avaient pas généralisé le procédé aux chalcones dérivant de la phloracétophénone.



Pensant que cette suite de réactions pourrait constituer une méthode générale de synthèse des glucosides de flavanonols et des glucosides de

flavonols, nous l'avons appliquée à deux glucosides de chalcones synthétiques dérivant de la phloracétophénone (II et V)



Mais contrairement à ce que nous attendions, il ne s'est formé ni glucosides de flavanonols, ni glucosides de flavonols. Cette différence de comportement entre glucosides de chalcones naturels et synthétiques nous a conduits à en chercher l'explication. Nous avons alors constaté :

1° une différence spectrale en milieu alcalin;

2° une différence dans l'aptitude à la cyclisation en glucoside de flavanone.

1. Spectres ultraviolets dans une solution de soude à 1 % :

— chalcone II dérivant de la prunine : un maximum à 375 mμ (log ε = 4,38);

— chalcone II synthétique : un maximum à 390 mμ (log ε = 4,12).

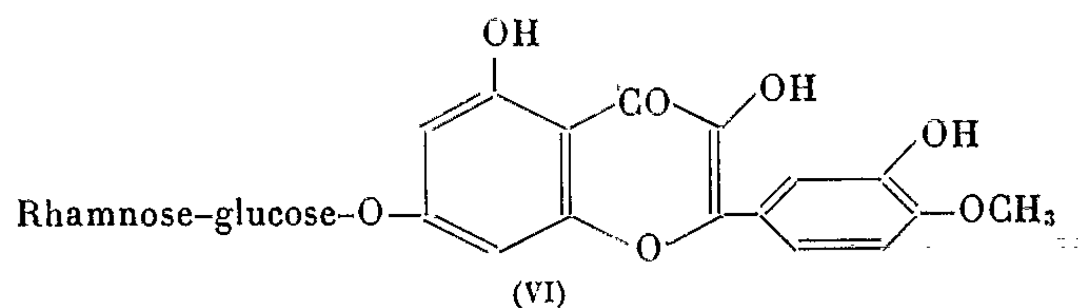
Ne possédant pas de méthyl-4′ prunine (isosakuranine) nous n'avons pas pu comparer les spectres des glucosides de chalcones naturel et synthétique correspondant à la formule (V).

2. La prunine (I) (10 mg), en milieu alcalin (10 ml NaOH 1 %) s'ouvre en glucoside de chalcone (II). Celui-ci peut être réversiblement cyclisé en prunine, dans une zone de pH inférieurs à 7. Une étude systématique de l'influence du pH sur cette cyclisation a été faite : à 10 ml d'une solution tampon : acide citrique (0,1 M)-phosphase disodique (0,2 M), est ajoutée 0,2 ml de la solution alcaline de prunine précédente. La vitesse de cyclisation est suivie en fonction du temps, pendant 48 h par spectrophotométrie, en mesurant l'absorption à 285 mμ. La vitesse de cyclisation, élevée à pH 7, diminue de façon importante avec l'abaissement du pH. Ce phénomène avait été constaté, par ailleurs ([3]) avec d'autres glucosides-7 flavanones : isosakuranine - naringine - hespéridine. Par contre, les glucosides de chalcones synthétiques (II et V) placés dans les mêmes conditions de pH, ne conduisent pas à la prunine, ni à la méthyl-4′ prunine.

Il paraissait logique d'attribuer ces différences de propriétés entre les glucosides de chalcones naturels et synthétiques à une différence de conformation de la double liaison.

Comme seuls les glucosides de chalcones dérivant de glucosides de flavanones semblaient pouvoir être convertis en glucosides de flavonols, nous avons traité l'hespéridine, suivant la technique précédemment décrite par l'un de nous ([1]); ainsi, a été obtenu le rhamnoglucoside-7 de

la méthyl-4′ quercétine (VI) qui ne semble pas avoir déjà été décrit dans la littérature :



(VI)

Cristaux jaune pâle F 288° (bloc Maquenne). Spectre ultraviolet (alcool), deux maximums : 255 mμ (log ε = 4,35) et 375 mμ (log ε = 4,23) $[\alpha]_D^{19}$ — 93° (pyridine). Analyse élémentaire : $C_{28}H_{32}O_{16}$, H_2O, calculé %, C 52,33; H 5,30; trouvé % C 52,35; H 5,51. La chromatographie sur papier, dans trois systèmes de solvants différents, donne chaque fois une seule tache. L'hydrolyse acide (par l'acide sulfurique N, ébullition : 3 h) libère rhamnose, glucose et méthyl-4′ quercétine, identifiée par son point de fusion, son analyse élémentaire, son spectre ultraviolet et sa conversion en pentaméthyle quercétine.

Actuellement, nous essayons de généraliser cette technique de conversion des glucosides de flavanones en glucosides de flavonols (4).

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) H. Pacheco, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1077.

(2) L. Reichel et J. Steudel, *Ann. Chem.*, 553, 1942, p. 83-87.

(3) M. Shimokoriyama, *J. Amer. Chem. Soc.*, 79, n° 3, 1957, p. 4199.

(4) A. Grouiller, *Thèse de doctorat ès sciences.*

(*Service de Biochimie, Institut National des Sciences appliquées, 20, avenue A.-Einstein, Villeurbanne, Rhône.*)

GÉOLOGIE. — *Nouvelles données sur le Flysch à Helminthoïdes des Préalpes du Chablais.* Note de M. **Christian Caron**, présentée par M. Pierre Pruvost.

La présence, dans la région du Biot, de poudingues de type *Mocausa* interstratifiés dans du Flysch à Helminthoïdes d'âge sénonien inférieur, complète les données régionales sur ce Flysch et renforce ses analogies avec la Nappe de la Simme.

La Pointe du Mont sépare, au Sud du col du Corbier, la vallée de la Dranse de Morzine de celle de la Dranse d'Abondance. Elle est presque entièrement formée, ainsi que son prolongement Sud-Ouest vers le village du Biot, de Flysch à Helminthoïdes dont nous savons (1) qu'une partie au moins, assimilable au Plattenflysch des Préalpes romandes, est d'âge sénonien supérieur, et que par conséquent il doit être détaché des Préalpes médianes sous-jacentes dont le Flysch monte au moins jusqu'au Lutétien supérieur. La découverte, dans une partie plus élevée de ce Flysch à Helminthoïdes, de conglomérats de type *Mocausa* dont il nous est possible de préciser l'âge, permet de compléter les données stratigraphiques et structurales sur ce Flysch.

Observations. — Les affleurements sont principalement situés dans le ruisseau de Colerin, sur le versant Sud-Ouest de la Pointe du Mont (plan Thonon 6); plus précisément entre le pont coté 898,7 et une altitude de 1 080 m. Dans le lit du ruisseau, affleurent à plusieurs reprises quelques têtes de bancs de poudingues. La rive gauche du torrent (alt. : 1 000 m; coord. Lamb. : 931,25-150,06) présente un large affleurement régulier (pendage moyen de 40° vers le Nord-Ouest) et continu (sur plus de 25 m d'épaisseur) de Flysch gréso-calcaire à Helminthoïdes, dans lequel plusieurs bancs de poudingues sont *interstratifiés*.

Ceux-ci présentent tous des caractères semblables. L'épaisseur moyenne des bancs varie de 1 à 2 m. Ce sont des poudingues bien consolidés dont l'aspect extérieur présente une teinte assez foncée parfois roussâtre; les cailloux fortement usés font saillie à la surface. La dimension des galets va du millimètre à 20 cm, mais la plupart ont 2 à 5 cm de diamètre. Leur nature pétrographique est très variée, mais nous n'avons rencontré jusqu'ici aucun élément cristallin. Les éléments carbonatés semblent prédominer (calcaires fins ou grenus, calcaires à Globigérines assez fréquents, calcaires dolomitiques et dolomies, calcaires finement gréseux). Les éléments siliceux sont toujours présents, plus variés, mais de dimensions plus réduites en moyenne (nombreux grès à ciment calcaire et glauconie, grès quartzeux, quartzites plus ou moins fins et parfois glauconieux, silex et radiolarites). Le ciment, très réduit par rapport aux éléments est, en général, gréso-calcaire, à grains de quartz détritique non usés.

Divers types lithologiques alternent avec ces poudingues : grès grossiers; grès fins calcaires et calcaires gréseux (avec tous les types intermédiaires) qui prédominent nettement, en fréquence et en épaisseur, dans cet affleu-

rement de Flysch; calcaires fins, blonds, à Helminthoïdes; interbancs marneux très réduits.

Age de cette série. — Le ciment des poudingues a livré *Globotruncana* sp. (au moins du Turonien moyen), et *Globotruncana* gr. *lapparenti* (probablement *tricarinata*), (dét. J. Klaus). Les grès grossiers et principalement ceux affleurant dans le lit même du ruisseau, ont fourni *Rotalipora appenninica* probable, certainement remaniée car associée à une forme rapprochant *Globotruncana globigerinoïdes*, d'âge turonien moyen ou supérieur au moins (dét. J. Klaus). Les calcaires gréseux du large affleurement de la rive gauche, ont livré, avec des Spicules de Spongiaires, *Cristellaria*, *Globigerina* aff. *cretacea Gümbelina globulosa*, *Rosalinella* (*Globotruncana*) *lapparenti lapparenti et Rosalinella* (*Globotruncana*) *linnei* (dét. P. Marie). Les niveaux de calcaire fin (principalement un situé entre deux bancs de poudingues) ont fourni, avec de très nombreux et fins Spicules de Spongiaires, *Spiroloculina*, *Cristellaria*, *Globigerina* aff. *cretacea*, *Gümbelina globulosa*, et de très nettes *Rosalinella* (*Globotruncana*) *linnei*, ce qui indique un âge sénonien inférieur (dét. P. Marie).

Dans la région du Biot, il existe donc une série flysch d'âge sénonien inférieur, à dominante gréseuse, mais à minces niveaux de calcaires blonds à Helminthoïdes, et à intercalations épaisses de poudingues.

Comparaisons et conséquences. — Ces poudingues de Colerin sont comparables aux poudingues de la *Mocausa*, tels qu'ils ont été décrits dans plusieurs régions des Préalpes romandes [(2), (3), (4)] et qui sont depuis longtemps rattachés à la Nappe de la Simme. Les deux seuls affleurements de poudingues de ce type découverts à ce jour dans le Chablais [(5), (6)] ont été attribués à cette même Nappe dont ils constituaient les deux seuls lambeaux dans cette partie des Préalpes. En montrant récemment (1) l'âge sénonien supérieur d'une partie au moins du Flysch de la région du Biot, nous avons séparé ce dernier des Médianes et posé le problème de son rattachement à la Nappe de la Simme. Si, avec nos prédécesseurs, nous considérons les poudingues de type *Mocausa* comme des indicateurs de cette Nappe, la mise en évidence ici de formations comparables confirme son extension beaucoup plus grande en Chablais. Nous avons d'ailleurs retrouvé ces poudingues dans la partie supérieure de l'arête Sud-Est de la Pointe du Mont, ainsi que de nombreux blocs dans la gorge formée par le Ruisseau de Seytroux et dans le Nant de la Joux Verte (Nord-Est de la Pointe du Mont).

Dans les Préalpes romandes, les poudingues de la *Mocausa* ont été très tôt datés du Cénomanien [(2), (3), (4)]. Plus récemment, E. Twerenbold (7) et H. Guillaume (8), tout en confirmant leur âge cénomanien supérieur, les ont pris pour type de la série inférieure du Flysch de la Simme. Ils ont d'autre part montré que ce faciès des poudingues de la *Mocausa* pouvait envahir plus ou moins la Série de la Manche d'âge turonien), et même se retrouver localement dans le niveau des grès à

hiéroglyphes (d'âge sénonien inférieur) et jusque dans le Plattenflysch (d'âge sénonien supérieur). En Chablais, l'affleurement du col de Queffait n'a pas été daté; ceux du vallon de la Morge sont d'âge cénomanien. Les poudingues de Colerin, s'ils ne sont pas (par le faciès de la série Flysch qui les contient et par leur âge sénonien inférieur) attribuables à la Série de la *Mocausa* du Flysch de la Simme, pourraient cependant être parallélisés avec le niveau des grès à hiéroglyphes [décrits par Twerenbold ([7]) dans ce Flysch)], et peut-être en représenter un équivalent latéral.

Dans le ruisseau de Colerin, le contact n'est pas visible entre ce Flysch sénonien inférieur et le Flysch sénonien supérieur ([1]), apparemment sous-jacent. Deux hypothèses doivent donc être envisagées : ou bien ces deux séries appartiennent à deux unités indépendantes; ou bien elles constituent une seule unité, superposée aux Médianes, et qui serait ici en position renversée. Le passage progressif qui semble exister entre ces deux séries à l'arête Sud-Est de la Pointe du Mont incline à préférer pour le moment la seconde hypothèse. Il en résulterait une séparation stratigraphique au sein du Flysch à Helminthoïdes (représentant probable et partiel de la Nappe de la Simme) dans la région du Biot : une série à dominante gréseuse (d'âge sénonien inférieur) avec intercalations de poudingues de la *Mocausa*; et une série de type Plattenflysch, avec ses caractères habituels (aspect relativement plaqueté, fréquence des calcaires blonds, et âge sénonien supérieur).

S'il reste à faire un inventaire plus complet de ces poudingues (en particulier statistique), la découverte de ces niveaux et la détermination de leur âge dans cette région n'en fournissent pas moins un renseignement utile concernant la stratigraphie des Flyschs préalpins et un jalon de plus pour leur comparaison avec les Flyschs d'autres régions alpines.

([1]) C. Caron, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 739 (*cum* bibliographie).
([2]) A. Jeannet, *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. série, livre 34, 1913, p. 1.
([3]) P. Freymond, *Bull. Soc. vaud. sc. nat.*, 61, n° 251, 1940, p. 13.
([4]) B. Campana, *Mat. Carte géol. Suisse*, nouv. série, livre 82, 1943, p. 1.
([5]) E. Gagnebin, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 822.
([6]) H. Badoux et Y. Guigon, *Écl. géol. Helv.*, 51, 1958, p. 380.
([7]) E. Twerenbold, *Bull. Soc. frib. sc. nat.*, 44, 1955.
([8]) H. Guillaume, *Écl. géol. Helv.*, 48, 1955, p. 323.

(Laboratoire de Géologie dynamique de la Faculté des Sciences de Paris et Centre de Recherches géodynamiques de Thonon-les-Bains.)

GÉOLOGIE. — *Pyrophyllite de diagenèse dans le Dévonien inférieur du synclinal de Laval (massif armoricain).* Note (*) de MM. **Gilbert Dunoyer de Segonzac** et **Georges Millot**, présentée par M. Marcel Roubault.

La pyrophyllite est identifiée comme un des constituants majeurs des faciès schisto-gréseux du Dévonien inférieur du synclinal de Laval. Ces roches sont en réalité d'anciennes arkoses psammitiques à grain très fin ayant subi une diagenèse dont les trois manifestations principales sont : recristallisation du ciment argileux en séricite et chlorite, altération complexe de la biotite détritique, croissance de pyrophyllite à partir des feldspaths. Ces observations, jointes à d'autres, indiquent que la pyrophyllite est un produit normal de l'évolution par diagenèse des arkoses fines en dehors de tout métamorphisme; mais sa rareté relative implique que des conditions géochimiques et thermodynamiques assez précises doivent concourir à sa formation. Ces conditions restent à préciser.

Gisement. — C'est comme minéral détritique que la pyrophyllite a été signalée dans les alluvions de la Vilaine en amont de Redon par R. Lafond [1]. Nous avons retrouvé cette pyrophyllite dans son gisement d'origine : les schistes du Dévonien inférieur du synclinal de Laval. Or ce gisement explique très bien la répartition alluvionnaire décrite par Lafond : absence dans l'étang du Boulet situé sur le Briovérien en amont du synclinorium médian; présence dans l'étang de Chevré au cœur du synclinorium sur un large affleurement de Dévonien inférieur; disparition progressive sur le trajet de la Vilaine qui ne traverse plus d'affleurement de Dévonien.

La pyrophyllite est abondante dans les faciès schisto-gréseux de la coupe suivante, décrite par A. Renaud [2], et comprenant de bas en haut :

1. Gédinnien.
2. Siegénien inférieur.
3. Siegénien moyen.

L'abondance de la pyrophyllite donne à certains échantillons et en particulier à ceux du Siegénien moyen un toucher onctueux identique à celui des roches talqueuses.

Analyse par diffraction de rayons X. — Les diagrammes de poudre ont montré que les quatre constituants principaux de ces roches schisteuses étaient le quartz, les micas, la chlorite et la pyrophyllite. Cette dernière est bien cristallisée et présente des raies de diffraction très nettes qu'on peut comparer aux données de référence de G. Brown [3] :

hkl	(002).	(004).	(111).	(11$\bar{3}$).	(006).
Échantillon (A)	9,1	4,57	4,14	3,90	3,07
G. Brown [3]	9,16	4,58	4,13	3,86	3,05

Le chauffage à 490° pendant 2 h et le traitement au glycol n'ont pas modifié ces espacements réticulaires.

Examen optique. — La roche se présente comme un grès fin psammitique à ciment argileux. Le quartz est en grains anguleux de taille peu régulière

et de diamètre moyen de 50 μ. Le mica détritique est en paillettes d'une longueur variable qui dépasse le plus souvent 150 μ. L'observation montre qu'il s'agit de biotite ayant subi après son dépôt une altération qui la décolore. Le fer se concentre dans certains plans de clivage; les feuillets apparaissent tantôt comme de la muscovite, tantôt comme de la chlorite; le titane est expulsé sous forme d'aiguilles de rutile qui forment dans la roche un feutrage visible dans les lames minces taillées parallèlement à la stratification. Ces transformations de la biotite s'accompagnent d'une augmentation de volume qu'exprime la forme ovoïde de ces anciennes paillettes. Elles ont été déjà décrites par les vieux auteurs. Enfin, le ciment de la roche est formé de fins cristaux de séricite et de chlorite.

La pyrophyllite se présente en amas chatoyants qui ont les contours d'anciens grains détritiques de la même taille que les quartz. Ils sont formés de petites lamelles de quelques microns de diamètre moyen. Cette finesse rend les mesures optiques impossibles, mais on peut observer que le clivage basal est plus facile que celui de la muscovite, et que la biréfringence est plus élevée. La distinction entre ces paillettes de pyrophyllite et celles de séricite, qui abondent dans la roche, est aisée.

Origine de la pyrophyllite. Diagenèse ou métamorphisme. — Les grès du Dévonien inférieur du synclinal de Laval contenaient des lamelles de biotite à l'époque de leur dépôt. Cela indique que les altérations qui ont présidé à la désagrégation de ce matériel détritique étaient discrètes, puisqu'elles ont respecté le plus fragile des minéraux communs des socles. Les grès dévoniens étaient donc vraisemblablement des grès feldspathiques. Il est alors tout naturel de supposer que les grains de feldspath occupaient les espaces anguleux remplis actuellement par la pyrophyllite. Une telle hypothèse s'appuie sur l'aspect manifestement pseudomorphotique de la pyrophyllite dans certains échantillons, et sur d'anciennes observations de Tschermak (4) qui a effectivement décrit la transformation de plagioclases en pyrophyllite. La roche sédimentaire a donc subi une triple évolution : recristallisation du ciment en séricite et chlorite, altération de la biotite par décoloration, chloritisation, exsudation de rutile et d'oxyde de fer, enfin transformation des feldspaths en pyrophyllite.

Cette dernière transformation, qui nous intéresse le plus, ne nous est pas connue dans son mécanisme. C'est habituellement en séricite que se transforment les feldspaths, même les feldspaths non potassiques comme l'a bien montré J. de Lapparent (5). Ici la formation de pyrophyllite implique évidemment une indisponibilité du potassium, présent cependant dans la roche comme en témoigne l'abondance de la séricite, mais bloqué à un certain moment de l'évolution du sédiment par des conditions thermodynamiques qui restent à définir.

La présence de pyrophyllite doit-elle être interprétée comme la marque d'un métamorphisme discret ? Bien que la limite entre la diagenèse avancée et le métamorphisme débutant puisse faire l'objet de discussions prolongées,

l'appel au métamorphisme n'est pas ici nécessaire : une synthèse sur les degrés de la diagenèse a été présentée par Kossovskaia et Shutov (6) : un certain nombre de zones de diagenèse sont proposées suivant plusieurs critères pétrographiques et minéralogiques. Les roches décrites ici s'inscrivent sans difficulté dans une zone de diagenèse moyenne, sans caractères métamorphiques.

Extrêmement rares sont les cas signalés de pyrophyllite présente dans les roches sédimentaires loin de toute action métamorphique évidente. La pyrophyllite a été reconnue dans des forages pétroliers à la limite Gothlandien-Dévonien du Sahara à El Golea et Ougarta (7). Elle a été également identifiée dans certains niveaux salifères du Zechstein (8). Nous l'avons décelée dans d'autres régions et d'autres terrains qui seront décrits ultérieurement. Une étude systématique des phyllites dans les vieux terrains schisto-gréseux fera sans doute apparaître la pyrophyllite comme un minéral caractéristique de l'évolution par diagenèse.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) R. Lafond, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 3614.

(2) A. Renaud, *Mém. Soc. Géol. et Min. de Bretagne*, 7, 1942.

(3) G. Brown, *The X-Ray identification of clay minerals*, London, 1961.

(4) G. Tschermak, *Miner. Mitteil.*, 1875, p. 41.

(5) J. de Lapparent, *Bull. Soc. Fr. Minér.*, 32, 1909, p. 174.

(6) A. G. Kossovskaia et V. D. Shutov, *Eclogae Geol. Helv.*, 51, 1958, p. 656.

(7) Renseignements oraux de MM. P. Rouge, G. Kulbicki et B. Kubler.

(8) H. Fuchtbauer et H. Goldschmidt, *Beitr. zur Min. und Petr.*, 6, 1959, p. 320.

(*Laboratoire de Géologie de l'Université de Strasbourg.*)

SÉISMOLOGIE. — *Note relative aux phases sismiques observées entre* 100 *et* 200 km *dans le massif du Hoggar.* Note (*) de M. **Jacques Merlet**, présentée par M. Francis Perrin.

Des séismogrammes recueillis à des distances comprises entre 100 et 200 km du foyer, présentent une phase de grande amplitude qui s'explique par une réflexion sur la discontinuité de Mohorovicic.

A l'occasion des expérimentations nucléaires françaises au Sahara, un certain nombre de séismogrammes ont été receuillis par le Laboratoire de Détection et de Géophysique du Commissariat à l'Énergie atomique et par la Section technique de l'Armée, avec une bonne connaissance des temps de propagation et des distances.

Diverses stations étaient implantées dans la région du Hoggar, à des distances comprises entre 100 et 200 km du foyer. Certaines d'entre elles constituaient un alignement sensiblement Nord-Sud et parallèle à l'axe tectonique du massif du Hoggar.

Quelques autres étaient éloignées de 250 à 450 km du point d'explosion mais toujours dans des régions granitiques.

Seules les ondes P ont été étudiées.

1. Aux distances supérieures à 250 km, la phase initiale des enregistrements s'identifie comme une onde P_n dont la vitesse de propagation sur la discontinuité est de 7,95 km/s.

2. Dans les séismogrammes relatifs aux distances comprises entre 100 et 200 km, apparaît, en tête, une phase P_b dont la vitesse de propagation sur la discontinuité est de 7,07 km/s. Cette phase se retrouve dans les enregistrements des stations plus lointaines.

Les deux phases suivantes, qu'on suit de station à station, ont des amplitudes de même ordre et supérieures à l'amplitude de la phase P_b. L'une de ces phases s'identifie comme l'onde P_g, onde directe, dont la vitesse de propagation est de 5,66 km/s.

3. La dernière phase a tout d'abord été interprétée comme l'onde conique P_n. Pour les stations de l'alignement Nord-Sud, la droite hodochrone ajustée aux résultats expérimentaux par la méthode des moindres carrés, conduisait à une vitesse de propagation sur la discontinuité de 7,72 km/s ($\pm$ 0,09). Cette vitesse diffère notablement de celle de 7,95 km/s, trouvée lors du dépouillement des stations lointaines.

D'autre part cette phase s'observait à une station située à 109 km du foyer. A cette distance, compte tenu de la structure de la croûte découlant de l'étude des phases P_g, P_b et P_n (vitesses de propagation et ordonnées

à l'origine des droites hodochrones), le mécanisme de formation d'une onde conique ne pouvait intervenir.

Enfin avec cette vitesse, la phase correspondante des séismogrammes des stations situées hors de l'alignement précité, dans le Hoggar, ne pouvait s'expliquer que pour une profondeur de la discontinuité de Mohorovicic d'environ 50 km, contre 30 km pour les stations lointaines et 35 km sous l'alignement Nord-Sud (profondeurs rapportées au niveau d'altitude zéro).

4. Devant ces contradictions, l'hypothèse a été émise que cette phase était une réflexion d'onde P sur la discontinuité de Mohorovicic.

Après avoir déduit des phases P_g et P_b, les paramètres relatifs à la couche granitique, en écrivant pour une station donnée les équations de la réflexion, on obtient une relation entre les inconnues h, épaisseur de la couche basaltique, et V, vitesse moyenne d'une onde P dans ce milieu.

L'ensemble des fonctions $h = f(V)$ ainsi définies pour chaque station de l'alignement Nord-Sud, permet d'obtenir graphiquement les valeurs de h et de V, valables dans cette région, à savoir :

$$V = 7{,}15\ \text{km/s}\ (\pm 0{,}07), \qquad h = 20\ \text{km}\ (\pm 2).$$

Les erreurs indiquées tiennent compte d'une part de la dispersion des courbes, d'autre part de l'erreur systématique introduite dans la résolution par l'imprécision des paramètres, en particulier celle entachant l'épaisseur de la couche granitique.

La différence entre cette vitesse moyenne et celle de 7,07 km/s (± 0,06) fournie par la phase P_b comme vitesse au toit de la couche basaltique, met en évidence un gradient de vitesse qui n'est en rien surprenant.

Dans cette interprétation, les profondeurs de la discontinuité de Mohorovicic se situent à — 37 km (± 3) sous l'alignement Nord-Sud et au maximum à — 40 km pour une station située dans la partie Est du Hoggar.

La courbe des temps d'arrivée de cette réflexion en fonction de la distance est de très faible courbure au-delà de 75 km. Cela explique l'impuissance de la méthode des moindres carrés à mettre en évidence une incohérence des résultats expérimentaux dans l'interprétation par onde conique.

Aucune identification nette de l'onde conique P_n n'a pu être retenue sur les enregistrements relatifs à des distances inférieures à 200 km. Comme l'émergence de cette onde devrait théoriquement se situer entre celle de la phase P_b et la réflexion étudiée, on doit admettre qu'aux distances comprises entre 100 et 200 km, l'amplitude de la phase P_n est inférieure à celle de la phase P_b, donc très inférieure à celle de la réflexion.

Ainsi entre 100 et 200 km, au Sahara central, s'observe une réflexion sur la discontinuité de Mohorovicic dont l'amplitude est équivalente à la phase P_g.

Il serait intéressant de vérifier si ce phénomène s'observe en d'autres régions du globe.

Les résultats obtenus lors des dépouillements effectués, relatifs à la structure de la croûte dans la région du Hoggar, peuvent se résumer ainsi :

— hors du massif, au Nord et à l'Est, les cotes des discontinuités de Conrad et de Mohorovicic se situent respectivement à — 19 et — 30 km;

— sous le massif lui-même, la discontinuité de Conrad se rapproche de la surface, cote de — 12 km, fournie par une station, et la discontinuité de Mohorovicic s'abaisse jusqu'à — 40 km; il y aurait donc un épaississement important de la couche basaltique.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

SÉISMOLOGIE. — *Enregistrements séismiques du 1er mai 1962*. Note (*) de Mlle YVONNE BEAUFILS, MM. MANSUR AHMED CHOUDHURY et JEAN ROTHÉ, présentée par M. Jean Coulomb.

L'explosion nucléaire du 1er mai 1962 a été enregistrée en de nombreuses stations séismologiques en Afrique, en Europe, en Asie et en Amérique, jusqu'à près de 11 000 km; en outre, deux stations australiennes (Charters Towers et Canberra) ont inscrit des ondes PKP à plus de 16 000 km.

Les données de 101 stations ont été rassemblées grâce à l'obligeance des directeurs d'observatoires et de divers services, en particulier du Commissariat à l'Énergie atomique et du Service hydrographique de la Marine; parmi elles, 76 ont été retenues en vue d'une première interprétation pour laquelle nous avons utilisé exclusivement les observations sûres que nous avons pu faire nous-mêmes sur les séismogrammes originaux ou sur de bonnes copies de ces derniers.

Les distances angulaires ont été calculées par le Bureau Central Séismologique français à Strasbourg. Les durées de propagation sont rapportées à la sphère moyenne de même volume que la Terre après corrections d'ellipticité et d'altitude, empruntées aux *Tables* de L. J. Comrie.

Les principaux résultats obtenus en ce qui concerne la propagation des premiers impetus se déduisent du graphique temps-distances (*fig.*).

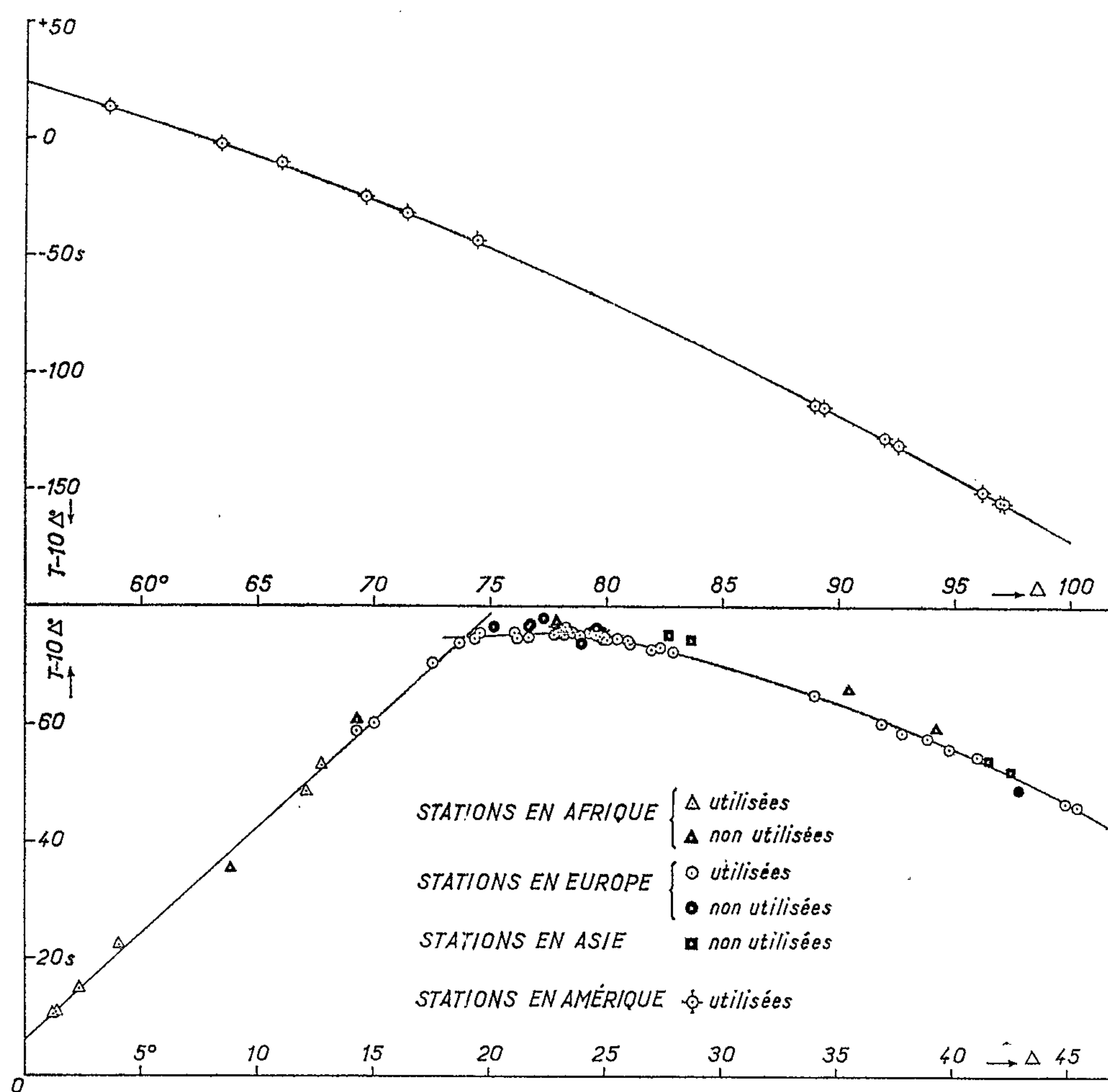
1. Aux courtes distances jusqu'à 8° on ne dispose que de quatre observations qui sont insuffisantes pour définir de façon précise l'hodochrone des P_n. Dans l'état actuel des observations on ne peut que définir une droite moyenne entre 1 et 19°, soit $T = 6{,}15 + 13{,}63\,\Delta^{\circ}$ ($V = 8{,}16$ km/s). Aux précédentes observations on ajoute ainsi celles de Sétif, Alger, Almeria, Malaga, Tolède et Montalba. Beni-Abbès, en avance par rapport à cette droite, correspond à une onde faible qui n'est peut-être pas enregistrée aux autres stations; Averroès, en retard, n'a pas non plus été utilisée.

2. Entre 19°4 et 23°9, 14 stations européennes correspondent à une pente approximative de 10 s/degré. Ce sont : Bagnères, Cadarache, Saint-Jeurre, Athènes, Chambost, Luzy, Neuchâtel, Saint-Saulge, Besançon, Lormes, Garchy, Ljubljana, barrage du Crescent et Feldberg. Les observations d'Isola, Roselend, Clermont-Ferrand, Toulx-Sainte-Croix présentent des retards importants. Deux autres stations sont situées en Afrique : Bangui se place sur la droite tandis que M'bour montre un retard. Notons que, aux stations comprises entre 19 et 22° de distance, l'enregistrement commence par un impetus tandis que vers 23° on observe une onde faible suivie d'un impetus.

3. Dans l'intervalle allant de 24°3 à 27°9 un nouvel alignement, comprenant 12 observations, conduirait à une pente d'environ 9,2 s/degré. Il s'agit des stations de Meszstetten, Tübingen, Gorron, Saint-Sauveur, Stuttgart,

La Folinière, Heidelberg, Dourbes, Bensberg, Pruhonice, Iéna et Collmberg. L'observation de Ravensburg présente une avance difficile à expliquer. Par contre, le Welschbruch, Strasbourg, Saint-Maur et Jérusalem sont en retard.

4. De 34 à 45°5, les observations relatives aux stations de l'Europe septentrionale s'alignent bien sur une courbe à faible courbure (Göteborg, Uppsala, Nurmijaervi, Skalstugan, Uméa, Kiruna et Sodankylä), celle



de Kaajani est en avance. Les données concernant les stations d'Afrique (Addis-Abbeba, Sadabandeira) et d'Asie (Téhéran, Chiraz) présentent un retard par rapport à cette courbe.

5. Entre 58 et 75° d'une part, et entre 88 et 97° d'autre part, les stations d'Amérique du Nord donnent deux groupes de données cohérentes entre elles, indiquant également une faible courbure : Halifax, Alert, Resolute, London, Mould Bay et College, Golden, Penticton, Eureka, Tucson T. et Tucson. La station la plus méridionale, San Juan, est légèrement en retard.

En résumé, les observations des stations européennes conduisent à admettre des variations de pente qui semblent discontinues vers 19 et 24°.

Sauf Bangui les stations africaines et du Moyen-Orient sont en retard : M'Bour : + 1,9 s; Jérusalem : + 2,5 s; Ksara : + 2,7 s; Addis-Abbeba : + 3,1 s; Sadabandeira : + 2,2 s.

Le tableau suivant déduit des observations des stations d'Afrique du Nord et d'Europe indique entre 10 et 40° les durées de trajet obtenues (O) et les différences O — C avec les *Tables Jeffreys-Bullen* (1958) :

Δ	10°.	12°.	14°.	16°.	18°.	20°.	22°.	24°.
O (s)	142,4	169,7	196,9	224,2	251,4	274,9	295,3	315,6
O — C (s)	−5,6	−5,6	−5,0	−3,8	−1,8	−2,1	−2,2	−1,5
Δ	26°.	28°.	30°.	32°.	34°.	36°.	38°.	40°.
O (s)	333,8	352,2	369,9	387,6	404,9	422,2	439,2	456,0
O — C (s)	−2,4	−2,3	−2,6	−2,7	−2,6	−2,4	−2,2	−2,1

Aux plus grandes distances les stations américaines présentent des avances qui décroissent depuis 2 s environ vers 60° jusqu'à s'annuler au-delà de 90°.

Les durées de propagation du 1er mai sont plus courtes que celles des explosions Blanca et Logan, dans le Névada (1), l'écart étant de l'ordre de 4 s entre 5 et 15°.

Enfin, il faut signaler le développement particulièrement net d'ondes L_g (vitesse voisine de 3,5 km/s) dans les stations africaines (Sétif, M'Bour, Bangui, Lwiro, Addis-Abbeba); à distance égale ces ondes n'apparaissent pas dans les stations européennes. Les structures sous la Méditerranée jouent donc un rôle important en arrêtant complètement la propagation d'ondes qui sont caractéristiques des socles continentaux.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) I. Lehmann, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, 52, 1962, p. 519.

(Commissariat à l'Énergie atomique, Institut de Physique du Globe, Paris et Institut de Physique du Globe, Strasbourg.)

MICROPALÉONTOLOGIE. — *Les Trocholines dans la stratigraphie du Crétacé inférieur du Jura.* Note (*) de Mme **Solange Guillaume**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Inventaire des diverses espèces de Trocholines du Crétacé inférieur du Jura, leur répartition stratigraphique. Une nouvelle espèce est signalée dans le Valanginien.

Le Crétacé inférieur du Jura est très pauvre en microorganismes. Les seuls Foraminifères relativement abondants, outre les Miliolidés et Textulariidés, sont les Trocholines, d'ailleurs presque toujours associées à des Dasycladacées.

Sans prétendre établir une stratigraphie rigoureuse avec les Trocholines, il semble possible de distinguer plusieurs niveaux caractérisés par l'association ou la prédominance d'une ou plusieurs espèces.

1° Dans le Valanginien inférieur, les *Trocholina alpina* (Leupold) et *Trocholina elongata* (Leupold) [1], associées à des Dasycladacées, sont très abondantes dans les calcaires graveleux de l'extrême base de la série et dans les calcaires blancs compacts du « marbre bâtard ». Actuellement, il ne semble pas possible de déterminer les niveaux dans lesquels l'une ou l'autre des formes prédomine nettement. Ces deux espèces sont d'ailleurs très polymorphes et il existe dans une même population des individus dont les caractères sont intermédiaires entre ceux donnés par Leupold pour les deux formes. Les autres espèces, et en particulier les *Trocholina molesta* Gorb., sont très rares.

2° « Les marnes d'Arzier » et leur équivalent stratigraphique sont particulièrement riches en espèces du genre *Trocholina* (au moins sept). Ce sont, outre les deux formes du Valanginien inférieur qui persistent, mais en quantité moindre : *Trocholina burlini* [2], qui est présente, mais peu fréquente.

Neotrocholina valdensis Reichel [3], qui est la plus grande forme et qui ne semble pas descendre dans le Valanginien inférieur.

Trocholina molesta [2] et *Neotrocholina infragranulata* [2] qui sont deux espèces voisines.

Trocholina vasserodi n. sp.

Cette nouvelle espèce qui n'a été trouvée jusqu'à présent que dans les niveaux marneux correspondant aux « marnes d'Arzier » et au « calcaire roux », est caractérisée par sa forme conique, la présence de piliers sur la plus grande partie de sa face ventrale et son rapport D/H [5] élevé (1,36-2,06). Ses dimensions sont comprises entre 0,30 et 0,70 mm pour le diamètre et 0,17 et 0,35 mm pour la hauteur. Les caractères de cette espèce seront précisés dans un travail paléontologique ultérieur.

3° Dans le Valanginien supérieur, les Trocholines sont beaucoup plus rares. Les intercalations marneuses contiennent toutefois, outre *Trocholina*

alpina (Leupold), *Noetrocholina valdensis* Reichel, *Trocholina molesta* Gorb. et *Trocholina vasserodi. n. sp.*

4° Les marnes d'Hauterive semblent surtout caractérisées par la présence d'une très petite forme : *Trocholina cavernosa* (Khalilov) [6]. Cette

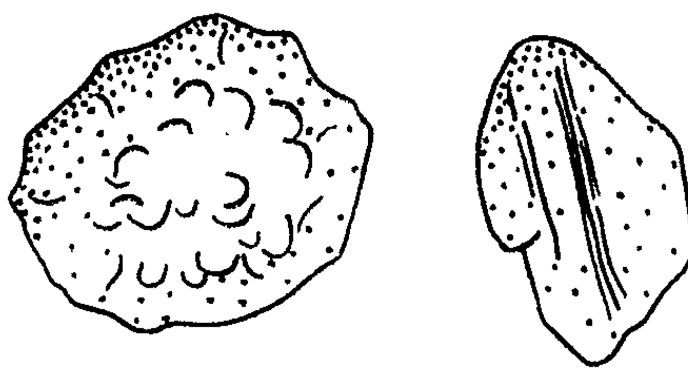


Fig. 1.

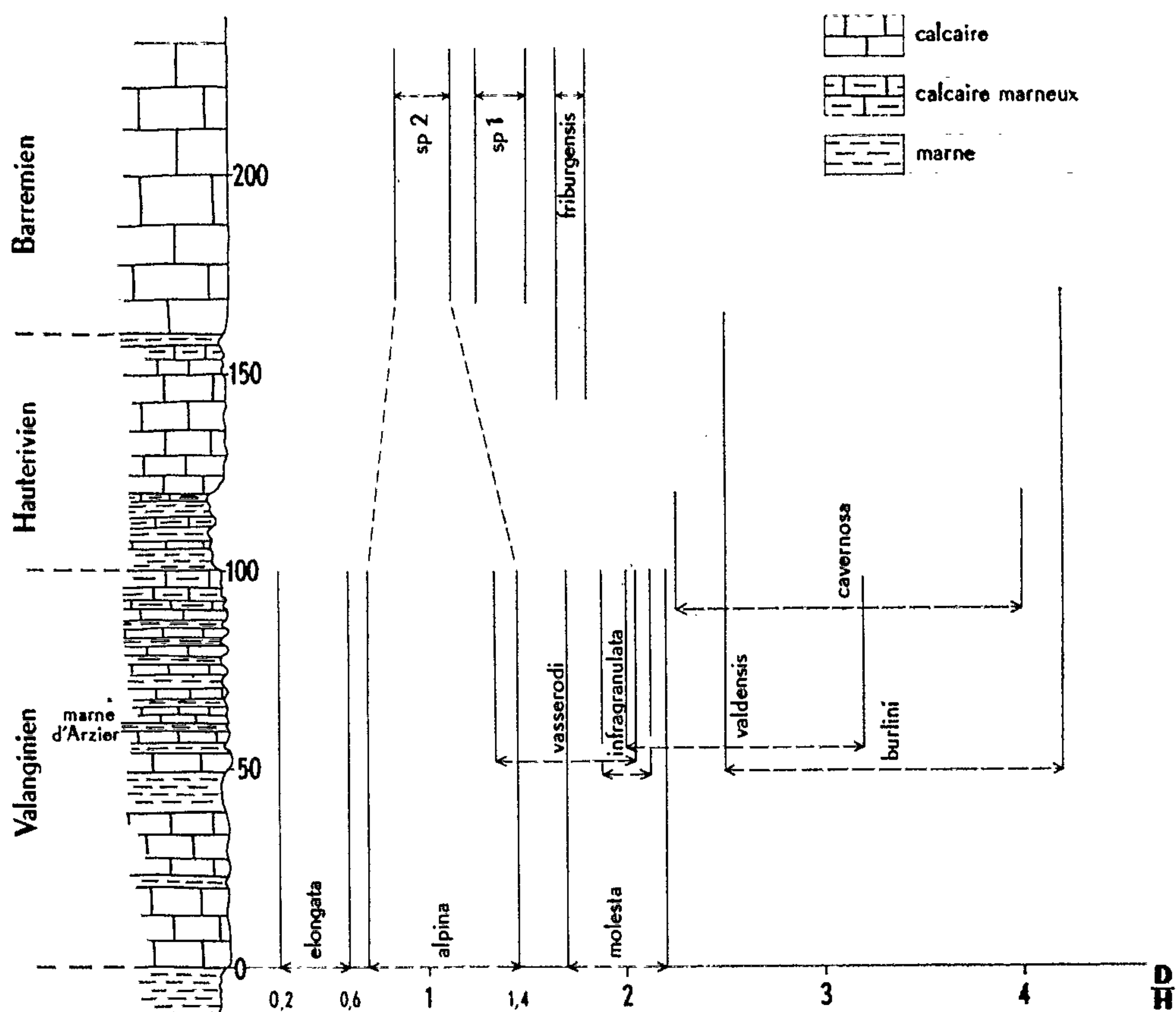


Fig. 2.

Tableau montrant la répartition stratigraphique des Trocholines du Crétacé inférieur du Jura.

espèce, qui montre une structure fibroradiée, doit être rapportée au genre *Neotrocholina*. Ces marnes contiennent aussi quelques *Trocholina burlini* Gorb. Les *Neotrocholina infragranulata* Noth sont absentes ou rares.

5° L'Hauterivien calcaire est très pauvre en microorganismes. Les Trocholines sont pratiquement absentes.

6° Le niveau de calcaire marneux choisi comme limite Hauterivien Barrémien ([7]) contient, à Oye et Pallet en particulier, de beaux exemplaires de *Trocholina burlini* Gorb.

7° Le Barrémien contient dans les niveaux à faciès « Urgonien » (calcaire blanc, microcristallin à graveleux) des Dasycladacées et des Orbitolinides, trois formes de Trocholines : *Neotrocholina friburgensis*, Guillaume et Reichel ([8]) et deux formes non décrites qui semblent se rattacher au groupe des *Trocholina alpina* (Leupold).

En conclusion, si les Trocholines ne peuvent être considérées comme des « marqueurs » dans le Crétacé du Jura, il faut toutefois souligner qu'elles donnent cependant de précieuses indications stratigraphiques.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

([1]) W. LEUPOLD et H. BIGLER, *Eclog. Geol. Helv.*, 28, n° 2, 1935, p. 607-624, *pl.* XVIII.

([2]) T. N. GORBATCHIK, *Paléont. J.*, n° 1, 1959, p. 78-83, *pl.* IV.

([3]) M. REICHEL, *Eclog. Geol. Helv.*, 48, n° 2, 1957, p. 396-408, *pl.* XIV-XVI, 5 figures.

([4]) R. NOTH, *Jahrb. Geol. Bundesanstalt*, Sonderband, 1951, 1 figure, 32 tableaux.

([5]) D, diamètre de la face ventrale; H, hauteur.

([6]) D. M. KHALILOV, *Izvest. Akad. Sc. Azerb*, série Géol.-Géogr., n° 6, 1959, p. 25-36, 2 planches.

([7]) S. GUILLAUME, *Bull. Soc. Hist. Nat. Doubs*, n° 63, fasc. 4, 1961, p. 87-91.

([8]) S. GUILLAUME et M. REICHEL, *Eclog. Geol. Helv.*, 50, n° 2, 1957, p. 286-288, 1 planche, 2 figures.

(*Laboratoire de Géographie physique et géologique dynamique, Faculté des Sciences, Paris.*)

MYCOLOGIE. — *Conditions de la différenciation du mycélium modifié chez le* Pestalozzia annulata. Note (*) de M. **Jean Chevaugeon**, présentée par M. Roger Heim.

Le mycélium normal qui remplit les conditions générales d'âge requises doit encore satisfaire à deux conditions supplémentaires pour qu'apparaisse la modification.

L'apparition d'un mycélium roux constitué essentiellement de filaments couchés, après celle du mycélium *normal*, blanc, bien pourvu de rameaux dressés, qui naît constamment des spores, présente des caractéristiques différentes de celles qu'on attribue habituellement aux mutations. D'une part, cette variation sectorielle contagieuse, décrite sous le nom de *modification*, est transmise indépendamment des noyaux ([1]); d'autre part, elle ne se produit jamais avant la fin d'une première ni au-delà d'une seconde période de croissance des thalles ([2]).

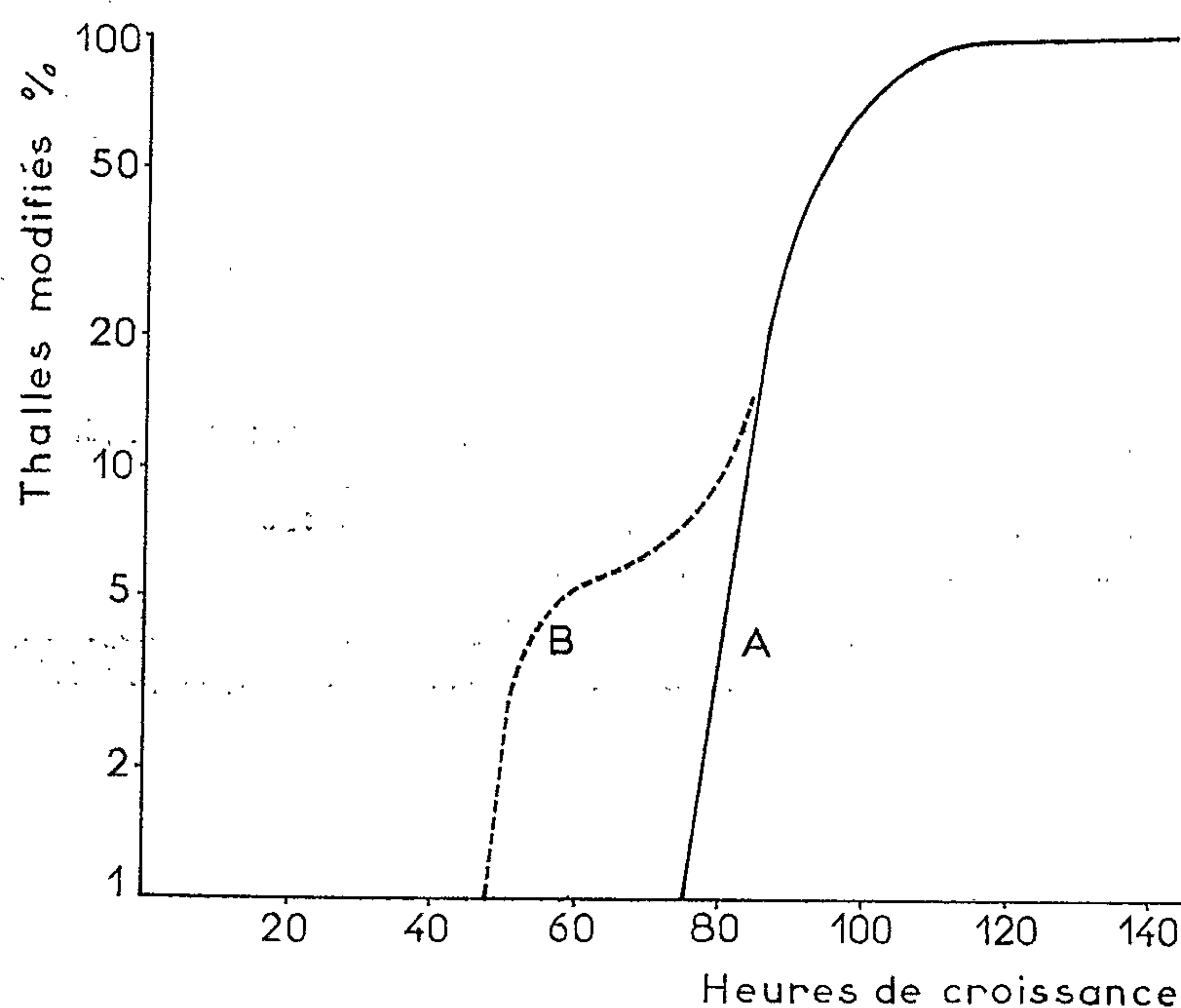
Il a bien été démontré que, chez le *Neurospora crassa*, plusieurs stades physiologiques se succèdent au cours de la germination des spores ([3]) et que des différences persistent entre les divers niveaux d'un filament ([4]). On ne peut cependant admettre par analogie que, chez le *P. annulata*, le délai nécessaire pour la production du mycélium modifié correspond seulement à celui qui serait régulièrement imposé aux éléments du thalle pour atteindre un état physiologique déterminé.

En effet, si cette condition était seule exigée, l'existence d'anastomoses nombreuses entre les filaments devrait harmoniser leurs activités et la modification devrait affecter tout le pourtour des cultures à peu près au même instant. Or l'origine d'un secteur réside toujours dans un petit groupe d'articles, peut-être même dans un seul parmi de très nombreux autres d'âge identique. Ceci ne se conçoit que si un ou plusieurs événements créent localement des différences entre des éléments mycéliens par ailleurs comparables.

L'intervention de ces événements a été mise en évidence en étudiant les délais d'apparition des secteurs à partir de la germination des spores et à partir de la reprise de semis mycéliens normaux. Six séries de cultures ont été successivement réalisées. Dans chacune, les observations ont porté sur 500 individus de la souche *sauvage*, cultivés à 26°C, dans des boîtes de Pétri contenant 40 ml d'un extrait de malt à 2 % gélosé à raison de 20 g/l. Chaque semis de la série initiale comprenait plusieurs centaines de conidies. Les semis mycéliens ultérieurs, de 1 mm de côté, ont été prélevés à 5 mm en arrière de la marge des thalles, dans des plages demeurées d'aspect normal. Les cultures originelles ont fourni le mycélium nécessaire pour deux multiplications végétatives, l'une après 4, l'autre après 7 jours de croissance. Les repiquages suivants ont toujours été effectués à une semaine

d'intervalle, en prélevant les semis mycéliens dans les cultures de la série immédiatement précédente. Des mesures de distance entre le semis et le point d'apparition des secteurs, on a déduit le temps écoulé entre la germination des spores ou la reprise du mycélium et la manifestation de chacune des modifications, puis calculé le temps moyen nécessaire pour la formation de l'ensemble des secteurs de chaque thalle.

Dans toutes les séries, le premier secteur de chaque thalle apparaît après des temps de croissance très variables, de 40 à 144 h, mais que les cultures soient issues de spores ou de myceliums prélevés au bout de 4



Distribution des temps moyens nécessaires pour la modification de thalles obtenus par semis de spores (A) et de mycélium normal prélevé après quatre jours de culture ou plus (B).

à 28 jours le temps le plus court est, dans chaque série, de 40 h. La persistance d'une dispersion extrême des délais individuels exclut qu'ils correspondent seulement à un temps de maturation physiologique du mycélium premier formé.

Quand les cultures proviennent directement de spores, le temps moyen le plus court est de 68 h et l'ensemble des temps moyens est distribué exponentiellement. La partie oblique du tracé semi-logarithmique paraît constituée d'un segment de droite unique. Il n'existe qu'une seule catégorie de thalles et la probabilité de variation est la même pour tous.

Quand les cultures proviennent de semis mycéliens âgés de 4 jours ou plus, les courbes représentatives des fréquences de modification sont différentes de la première mais très semblables les unes aux autres; elles

comportent deux segments de droite successifs et le premier est nettement décalé vers l'origine : pour 5 à 6 % des thalles, les secteurs se forment après un délai d'attente moyen réduit de 28 h environ. Ces deux catégories de thalles, entre lesquelles il n'existe pas d'intermédiaires, résultent nécessairement de l'existence de deux catégories de semis mycéliens normaux; les uns, quel que soit leur âge, se comportent comme les spores; les autres, moins nombreux et répartis au hasard dans les cultures, satisfont à une condition supplémentaire mais non suffisante pour entraîner à coup sûr leur modification.

Comme, d'autre part, seuls les semis de mycélium modifié conduisent inéluctablement à des thalles modifiés, il semble légitime de conclure que le changement de morphologie, du type normal au type modifié, dépend d'au moins deux événements. La présente expérience montre qu'ils ne sont pas obligatoirement simultanés et que, par conséquent, la modification est une différenciation accomplie en plusieurs étapes.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) J. Chevaugeon et S. Digbeu, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 3043.
(2) J. Chevaugeon, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1930.
(3) D. Rosen et D. M. Ryan, *T. B. M. S.*, 43, 1960, p. 146.
(4) M. Zalokar, *Amer. J. Bot.*, 46, 1959, p. 602.

(Faculté des Sciences d'Orsay, Institut de Biologie expérimentale, C. N. R. S., Laboratoire de Génétique physiologique.)

MYCOLOGIE. — *La structure de la membrane chez les* Taphrina (*Protoascomycètes*). Note (*) de M. **Alain Schneider**, présentée par M. Roger Heim.

Les *Taphrina*, à cause de la simplicité de leur morphologie, sont classés généralement en marge des véritables Ascomycètes. Cependant j'ai déjà signalé que leurs asques pouvaient montrer une structure complexe, comparable à celle des asques typiques ([5]). J'ai cherché à voir par ailleurs si les membranes de leur appareil végétatif possédaient une constitution analogue à celle décrite par M. Chadefaud chez les Ascomycètes ([1]).

Le mycélium des *Taphrina* possède apparemment une structure assez originale, et plusieurs observateurs ont remarqué l'aspect particulier de ses cloisons. De Bary ([2]), Pierce ([3]), Sadebeck ([4]), ont eu leur attention attirée par des épaississements brillants qui séparaient les articles mycéliens dans différentes espèces, et qui parfois pouvaient rester fixés aux cellules ascogènes, ou même devenir libres, tandis que ces cellules se séparaient les unes des autres.

Mes observations ont porté sur une vingtaine d'espèces, qui toutes forment un mycélium ascogène sous-cuticulaire.

Il semble que la structure des cloisons se ramène toujours à des variantes d'une structure fondamentale, qu'on rencontre chez quelques espèces, telles que *T. Sadebeckii* (Johans.). La division des cellules commence par l'apparition d'une constriction circulaire, qui aboutit à la mise en place d'un *disque intercellulaire*. Celui-ci porte en son centre une *granulation* bien visible, qui se colore fortement en bleu en présence de bleu coton. Ensuite les cellules se séparent de ce disque, qui est alors isolé au milieu d'un boyau mycélien, lequel paraît formé par la membrane externe ou *vagina* de l'hyphe (sensu Chadefaud), tandis que chaque cellule est délimitée par une membrane propre, sa *locula* (*fig.* 1).

Ce mode de séparation des cellules n'est pas lié à la formation des cellules ascogènes, car chez les espèces qui, comme *T. deformans* (Berk.) Tul., possèdent un mycélium stérile, les cloisons de celui-ci montrent souvent un disque isolé des loculas (*fig.* 2).

Peu d'espèces possèdent un bouton colorable au bleu coton; chez quelques autres, il semble exister, mais ne pas se colorer (*T. purpurascens* Rob.); plus souvent il est absent.

En outre chez certaines espèces, après la mise en place de la première cloison, il peut se former des cloisons secondaires plus ou moins nombreuses, qui semblent être des délaminations des loculas (*fig.* 2). Chez certaines espèces ces délaminations sont exceptionnelles ou peu nombreuses [*T. betulina* Rostr., *acerina* El., *amentorum* (Sad.) Rostr.] tandis que chez d'autres elles peuvent être très abondantes [*T. deformans* (Berk.) Tul., *pruni*

(Fck.) Tul.]. Elles sont particulièrement fréquentes chez *T. populina* Fr. Il est vraisemblable qu'elles correspondent à une structure lamellaire de la locula. En effet, en traitant *T. populina* par la potasse, la membrane des cellules ascogènes se gonfle considérablement, et l'on peut alors voir qu'elle est formée par la superposition d'une série de lamelles. J'ai observé la même structure chez *T. amentorum*, bien que les cloisons intercellulaires formées par les loculas ne montrent généralement pas de délaminations (*fig.* 4).

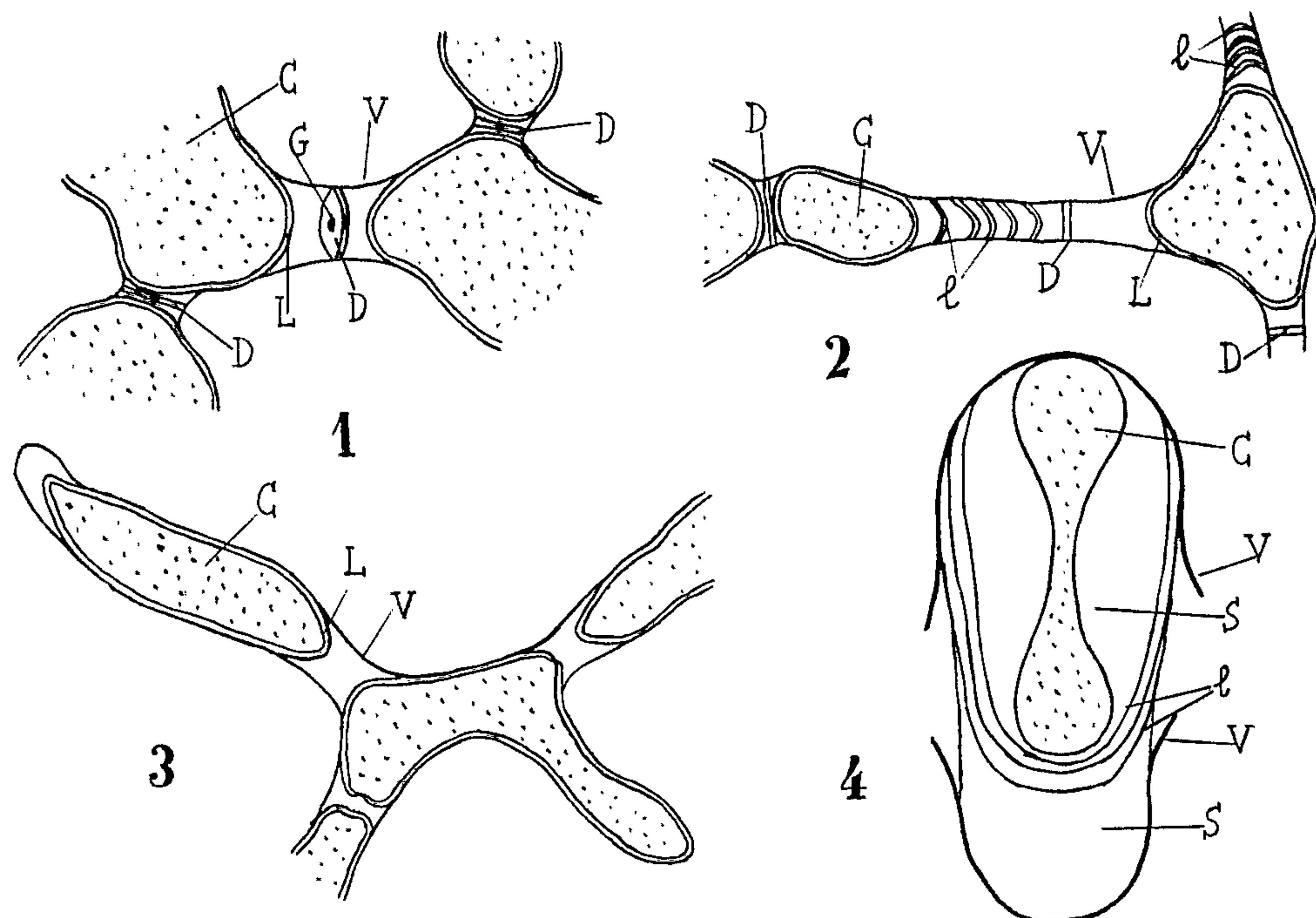


Fig. 1 à 4. — Parois cellulaires des *Taphrina*.

1, *Taphrina Sadebeckii*. Cellules ascogènes en voie de formation; 2, *Taphrina deformans*. Mycélium végétatif intercellulaire. A gauche de la figure, le disque intercellulaire est seul entre les deux cellules. Au milieu il s'est formé en outre plusieurs délaminations; 3, *Taphrina populina*. Très jeune mycélium, dans lequel les parois des cellules n'ont pas encore subi de délaminations. Il n'y a pas de disque intercellulaire; 4, *Taphrina amentorum*. Asque traité par la potasse. Dans cette espèce il n'y a pas de cellule pied.

C, cytoplasme; D, disque intercellulaire; G, granulation; L, locula, *l*, délaminations des loculas (= cupules épiloculaires); S, substance gonflable sous l'action de la potasse, contenue dans la paroi de l'asque; V, vagina (autour de l'asque cette membrane s'est rompue sous l'action du gonflement).

Il est peut-être possible de voir une série évolutive dans les différentes structures des cloisons : 1° chez *T. ulmi* (Fck.) Johans., le disque intercellulaire reste fréquemment accolé aux membranes primaires, même après la formation des cellules ascogènes, et les cloisons, qui contiennent en leur centre une granulation colorable au bleu coton, apparaissent simplement épaissies; 2° chez *T. Sadebeckii* Johans., le plus souvent, les loculas finissent par se détacher du disque intercellulaire, qui contient toujours en son centre un granule colorable au bleu coton, mais il ne se forme pas de

délaminations; 3° chez d'autres espèces, il n'y a pas non plus de délaminations, mais la granulation n'est plus colorable ou a disparu [*T. purpurascens* Rob., *amentorum* (Sad.) Rostr., *Tosquinetii* (West.) Magn.]; 4° certaines espèces possèdent un disque intercellulaire sans granulation centrale, de part et d'autre duquel les loculas se délaminent plus ou moins fréquemment et plus ou moins abondamment; 5° le disque intercellulaire peut disparaître, comme chez *T. populina* Fr., où il est fréquent de voir simplement les loculas des cellules sœurs côte à côte (*fig.* 3), et où de plus les délaminations sont très fréquentes.

On peut confronter ces résultats à ceux qu'a obtenus M. Chadefaud, non seulement chez les Ascomycètes, mais aussi chez les Algues filamenteuses ([6]). Celles-ci possèdent une *vagina*, dans laquelle chaque cellule est enveloppée d'une *locula*, et les cellules successives séparées par des *pièces interloculaires*. Au maximum de complication, ces dernières sont des « pièces en H », qui comprennent une *lame interloculaire* (= lame mitoyenne) à bords épaissis, un *mur annulaire* et, encastrés dans ce mur, de chaque côté de la lame, une *cupule épiloculaire*, ou un système de telles cupules, coiffant la locula d'une cellule. Chez les Ascomycètes, selon M. Chadefaud ([1]), la *lame interloculaire* est seule présente, avec fréquemment, en son centre, une granulation colorable au bleu coton. C'est aussi ce qu'on observe, chez les *Taphrina*, dans les cloisons du premier type, où le disque intercellulaire a la valeur d'une lame interloculaire. Dans les autre types, ce disque conserve la même valeur; les cloisons secondaires entre lesquelles il est situé, formées par délamination des loculas, semblent devoir être assimilées à des cupules épiloculaires.

La structure du mycélium des *Taphrina*, comme celles de leurs asques, rappelle donc celle des Euascomycètes, malgré certains caractères originaux.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

([1]) M. CHADEFAUD, *Les Végétaux non vasculaires*. Tome 1 du *Traité de Botanique* de M. CHADEFAUD et L. EMBERGER, Masson, Paris, 1960.

([2]) A. DE BARY, *Abhandl. d. Sekenberg. Naturforsch. Ges.*, 5, 1865, p. 169-191.

([3]) N. B. PIERCE, *U. S. Dept. agric. Div. Veg. Physiol. and Pathol. Bull.*, 20, 1900, p. 1-204.

([4]) R. SADEBECK, *Jahrb. d. Hamburg. Wissensch. Anst.*, 10, 1892, p. 1-110; *Berichte der deutsch. bot. Ges.*, 13, 1895, p. 265-280.

([5]) A. SCHNEIDER, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 2139.

([6]) M. CHADEFAUD, *Comptes rendus*, 1960; *Revue gén. de Bot.*, 64, 1957, p. 1-17; *Bull. Soc. bot. Fr.*, 109, 1962 (sous presse).

MYCOLOGIE. — *Sur le développement de l'apothécie chez les Lichens de l'ordre des Lécanorales.* Note (*) de Mme **Marie-Agnès Letrouit-Galinou**, présentée par M. Roger Heim.

A la suite des recherches que nous avons entreprises sur le développement des apothécies chez divers Discolichens [1], il paraît utile, d'une part, de faire le point des résultats déjà obtenus, et d'autre part, de préciser le sens des termes utilisés.

Le développement des apothécies du *Pertusaria pertusa*, du *Roccella montagnei*, du *Buellia canescens*, du *Phlyctis agelæa* et du *Lecanora subfuscata* se ramène, avec des variantes plus ou moins importantes selon les cas, au schéma fondamental suivant :

A. L'apothécie est d'abord close. Elle se différencie aux dépens d'un *plexus* stromatique (*fig.* 1) dans lequel on distingue bientôt, au sommet, un toit ou *tectum* (*t*), au centre, un *réseau paraphysoïde* (*r*), supporté par un *plancher* (*pl*); sur le pourtour, entre le bord du toit et celui du plancher, un *mur parathécial* (*m*).

B. Ensuite, le réseau paraphysoïde se rompt (*fig.* 2); sa partie supérieure (*r'*) reste suspendue à la face interne du toit, tandis que sa partie inférieure se transforme, sur le plancher, en un *réseau paraphysogène* (*rp*) qui engendre des *paraphyses primaires* (*p*). A la place du mur parathécial, entre le bord du toit et celui du plancher, se développe un *pro-parathécium* stromatique (*ppa*), qui émet des paraphyses *pro-parathéciales* (*p'*).

C. Au stade suivant, une ligne de rupture (*d*) apparaît entre le pro-parathécium et le toit. Celui-ci disparaît et l'apothécie s'ouvre (*fig.* 3).

Le bord du pro-parathécium engendre des hyphes paraphysoïdes qui forment, autour de l'hyménium, la marge interne de l'apothécie, ou *parathécium* (*pa*). Celui-ci donne naissance, sur sa face interne, à des *paraphyses parathéciales* (*p''*). En même temps, sa face externe engendre des hyphes, dont l'ensemble constitue la marge externe de l'apothécie ou *amphithécium* (*a*). Celui-ci est thalloïde dans le cas des apothécies « lécanorines », non thalloïde autour des apothécies « lécidéines ».

Avec les *asques*, l'ensemble des paraphyses primaires, pro-parathéciales et parathéciales constitue l'*hyménium*. Leurs bases forment le *sous-hyménium*, dans lequel se développent les hyphes sporophytiques ascogènes.

Avec le plancher, la partie inférieure du sous-hyménium donne l'*hypothécium*.

Le développement des apothécies suit très exactement le schéma précédent chez le *Buellia canescens*, dont l'amphithécium est lécidéin, et qui, de toutes les espèces par nous étudiées, a les apothécies les plus complexes.

Le *Pertusaria pertusa* et le *Lecanora subfuscata* diffèrent du *Buellia* par l'extrême réduction du pro-parathécium et de ses paraphyses, et par l'aspect lécanorin de l'amphithécium.

Le *Pertusaria* a encore un toit bien développé, mais son parathécium, peu étalé, n'engendre que peu de paraphyses. Chez le *Lecanora*, au contraire, le toit fait défaut, tandis que le parathécium, plus étalé, se garnit de paraphyses abondantes.

C'est au contraire le parathécium, et avec lui les paraphyses parathéciales et l'amphithécium, qui font défaut chez le *Roccella montagnei* et le *Phlyctis agelæa*.

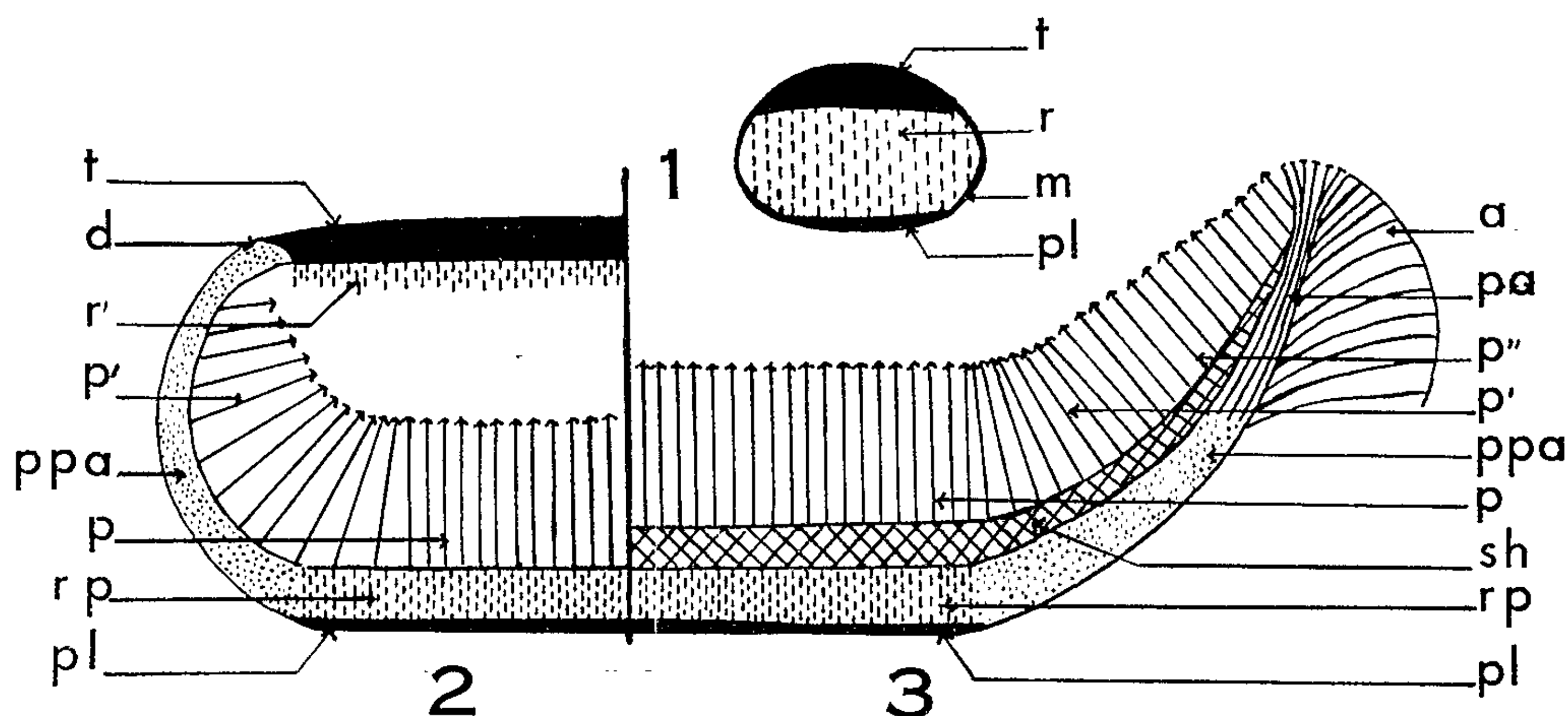


Fig. 1 à 3. — Schéma fondamental
du développement des apothécies chez les Lécanorales (*voir le texte*).

Chez le *Phlyctis*, le réseau paraphysogène et le pro-parathécium sont tous deux bien développés, et garnis de paraphyses abondantes. Le pro-parathécium, mince et plat, étalé autour du réseau, ne fait pas marge : l'apothécie est dépourvue de marge. Par contre, son toit est remarquablement épaisseur; il s'accroît et s'épaissit longtemps avant de disparaître.

Chez le *Roccella*, au contraire, le réseau paraphysogène est très réduit, au profit du pro-parathécium, qui devient l'élément prédominant de l'apothécie. Il en forme la marge, d'aspect non thallin, et l'hyménium se compose presque uniquement de paraphyses pro-parathéciales. Le toit demeure mince, et seule sa bordure dure assez longtemps.

En définitive, deux formations très différentes, assurent, soit conjointement, soit séparément, la croissance de l'apothécie. Ce sont le pro-parathécium, de nature stromatique, et le parathécium, qui en est issu.

Comme le pensent Mlle E. Strikman et M. Chadefaud ([2]), le parathécium, et l'amphithécium auquel il donne naissance, sont des formations discopodiennes. Chez le Discomycète stipité *Cyathicula coronata*, étudié par A. Bellemère ([3]), par exemple, la couche tunicale du discopode, issue du

stroma basal, représente un parathécium, tandis que sa couche corticale, engendrée par la couche tunicale, a la valeur d'un amphithécium.

Jusqu'à présent, le pro-parathécium n'a jamais été distingué du parathécium. Son origine stromatique justifie pourtant qu'il soit considéré comme une partie différente de l'apothécie. Par suite, il ne suffit pas de distinguer, comme on l'a fait jusqu'à présent, deux catégories de paraphyses: les paraphyses primaires et les paraphyses secondaires. Il y en a en réalité trois : les paraphyses primaires, nées du réseau paraphysogène, les paraphyses pro-parathéciales et les paraphyses parathéciales. Celles-ci sont des paraphyses secondaires, mais les paraphyses pro-parathéciales ont été considérées, tantôt comme des paraphyses primaires (E.J.H. Corner) ([4]), tantôt comme des paraphyses secondaires (Mme M.-A. Letrouit-Galinou).

Dans les apothécies lécanorines, tous les auteurs ont bien distingué le parathécium (= marge propre, ou excipulum proprium) et l'amphithécium. Mais presque tous ont cru que ce dernier était d'origine thalline, et l'ont donc qualifié de marge thalline, ou excipulum thallinum. C'est à R. Dughi ([5]) que revient le mérite d'avoir montré qu'il était produit par le parathécium.

Dans les apothécies lécidéines, au contraire, le terme de parathécium a servi jusqu'ici à désigner l'ensemble du parathécium *stricto sensu* et de l'amphithécium, qui a même aspect, et qui parfois n'en est pas séparé par une ligne de démarcation nette (cas du *Buellia parasema*, selon les croquis de R. Dughi, 1954). Seul E. J. H. Corner a bien distingué ces deux formations, mais chez des Discomycètes non lichénisants, et en nommant parathécium ce qui est en réalité l'amphithécium, tandis qu'il qualifiait le parathécium vrai de médulla.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

([1]) Mme M.-A. LETROUIT-GALINOU, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 3701; *Rev. Bryol. et Lich.*, 29, 1960, p. 279-306; *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2585; *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 108, 1961, p. 281-290; *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 1496; *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 109, 1962 (sous presse).

([2]) Mlle E. STRIKMAN et M. CHADEFAUD, *Rev. Gén. Bot.*, 68, 1962, p. 725-770.

([3]) A. BELLEMÈRE, *Bull. Soc. Myc. Fr.*, 78, 1958, p. 70-93.

([4]) E. J. H. CORNER, *Trans. Brit. Myc. Soc.*, 14, 1929, p. 263-291.

([5]) R. DUGHI, *Ann. Fac. Sc. Marseille*, 2e série, 21, 1952, p. 219-341, et *Rev. Bryol. et Lich.*, 23, 1954, p. 300-316.

MORPHOLOGIE VÉGÉTALE. — *Ontogenèse des inflorescences en grappe indéfinie sans fleur terminale, chez le* Spartium junceum *L.* Note (*) de M. **Pierre Vescovi**, présentée par M. Lucien Plantefol.

Chez le *Spartium junceum* L. le fonctionnement de l'apex reste foncièrement identique lors du passage à l'état reproducteur. Les fleurs, en grappes terminales indéfinies, sont axillées par des bractées insérées suivant trois hélices bractéales, et présentent une ontogenèse comparable, au début, à celle des bourgeons végétatifs, mais plus rapide.

Chez le *Spartium junceum* L., les fleurs sont disposées en grappes terminales indéfinies à l'extrémité de certains rameaux. Chaque fleur est axillée par une bractée non persistante. Chaque pédoncule floral porte les cicatrices d'insertion de deux préfeuilles.

Phyllotaxie de la grappe. — Chez les rameaux uniquement végétatifs, les feuilles présentent entre elles un angle de divergence de 2/5 et sont disposées le long de la tige suivant deux hélices foliaires [1]. Sur la portion végétative d'un rameau se terminant en grappe, les feuilles se trouvent également réparties suivant deux hélices foliaires, soit dextres, soit senestres (divergence 2/5) (*fig.* 1). Par contre, dans la portion terminale reproductrice de ce même rameau, les bractées présentent entre elles un angle de divergence de 3/8; on ne peut plus, ici, expliquer la disposition des bractées florales à l'aide de deux hélices bractéales seulement. Si l'on établit les contacts parastiques et la contiguïté entre les segments bractéaux, la présence de trois hélices bractéales dans la grappe terminale s'impose (*fig.* 1). Le long du rameau, en passant à la partie inflorescentielle, on constate que l'on peut continuer les deux hélices foliaires dans la grappe où elles deviennent deux des trois hélices bractéales. La troisième hélice bractéale apparaît subitement au niveau du passage de la phase végétative à la phase inflorescentielle; c'est toujours par une bractée florale axillant l'une des trois premières fleurs que débute cette troisième hélice. L'étude des coupes transversales (*fig.* 2) confirme ces faits. Il y a vraisemblablement formation d'un nouveau centre générateur dans l'apex, sans qu'il y ait de modification importante dans le fonctionnement des deux centres préexistants. Toutefois, comme chez le *Cleome spinosa* [2], l'angle d'insertion de la bractée est plus faible que celui de la feuille, et l'augmentation du nombre des hélices, lorsque l'on passe à la phase reproductrice, semble due à cette diminution de l'angle d'insertion des productions latérales de l'apex. Ces faits, ainsi que l'alternance de régions en activité et de régions en repos relatif (coupes transversales) dans l'apex, permettent de supposer que ce dernier continue d'avoir un fonctionnement plastochronique régulier qui ne doit pas présenter de modification importante lorsqu'il devient reproducteur.

Ontogenèse de la grappe. — Lors du passage à la phase reproductrice, l'apex reste bombé, mais sa taille augmente légèrement; il mesure en moyenne 50 μ en hauteur sur 150 à 175 μ en largeur. Par la suite, l'apex de la grappe demeure plus important qu'au cours de la phase végétative et mesure 50 à 60 μ en hauteur sur 150 μ en largeur.

La zonation de l'apex (partie apicale moins active) persiste lors du passage à l'état reproducteur, et tout au long de l'ontogenèse de la grappe (étude cytologique, relevés de mitoses, chromaticité, test de Brachet) (*fig.* 3, 4 et 5). L'apparition des pièces produites par l'apex est plus rapide que lors de la phase végétative, mais l'initiation des bractées reste latérale comme l'était celle des feuilles, et est due, d'abord, à des divisions périclines dans l'assise sous-épidermique (*fig.* 6). C'est bien ici la partie périphérique de l'apex qui est organogène. Le méristème médullaire remonte assez haut dans le point inflorescentiel.

L'initiation de la fleur se fait très rapidement après celle de la bractée : à l'aisselle du primordium bractéal $n - 1$, on repère une région plus méristématique, isolée du flanc de l'apex immédiatement supérieur où l'anneau initial inflorescentiel est en restauration (ce qui confirme le fonctionnement plastochronique de cet apex inflorescentiel), par une zone en écaille de cellules aplaties; dans cette région méristématique apparaissent des divisions périclines profondes qui initient le bourgeon floral (*fig.* 7); à l'aisselle de la bractée $n - 2$ ou $n - 3$ on a déjà un primordium floral. Alors que le bourgeon axillaire végétatif était initié avec trois ou quatre

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1. — Étalement dans un plan de la partie terminale d'un rameau reproducteur avec représentation semi-schématique des segments foliaires et bractéaux : b_1, première bractée; b_3, départ de la troisième hélice (hauteur : × 1/2,5; largeur : × 5).

Fig. 2. — Coupe transversale dans un apex de rameau inflorescentiel montrant l'apparition en A de la troisième hélice bractéale.

Fig. 3. — Coupe longitudinale d'un apex lors du passage à la phase reproductrice : la zonation mettant en évidence l'activité des flancs persiste : b_1, première bractée (navachine-hématoxyline).

Fig. 4. — Coupe longitudinale d'un apex inflorescentiel : zonation toujours persistante : b, bractée; p. fl., jeune primordium floral; m. m., méristème médullaire (test de Brachet).

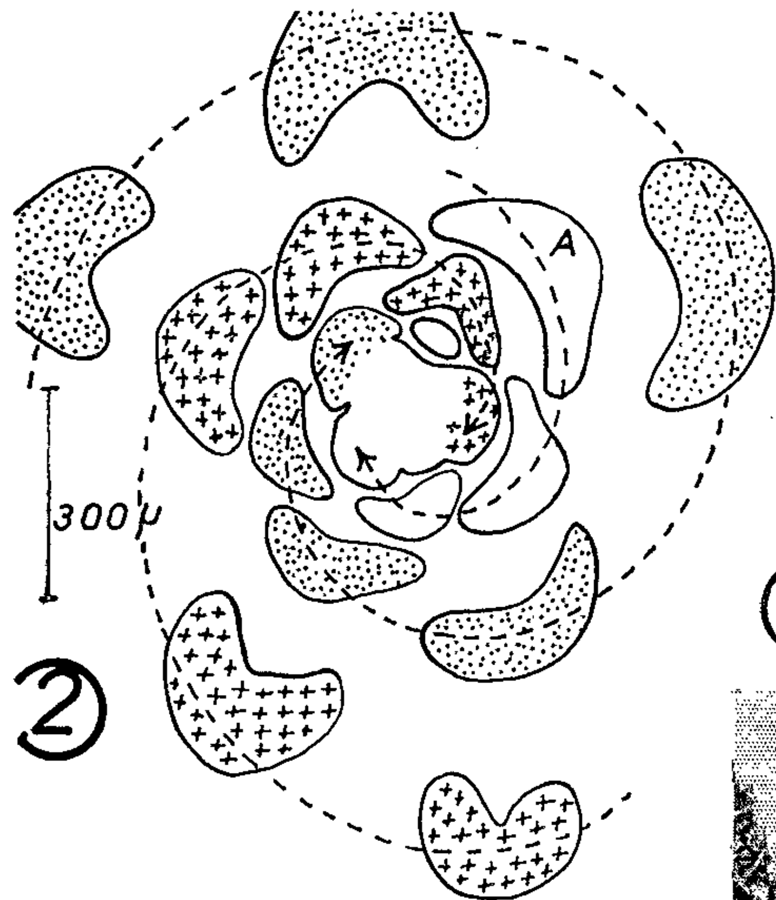
Fig. 5. — Relevé de mitoses dans un apex inflorescentiel.

Fig. 6. — Coupe longitudinale d'un apex inflorescentiel montrant à droite l'initiation d'une bractée (I. b.) par des divisions périclines sous-épidermiques. A gauche, zone en écaille déjà formée (z. ec.) (navachine-hématoxyline).

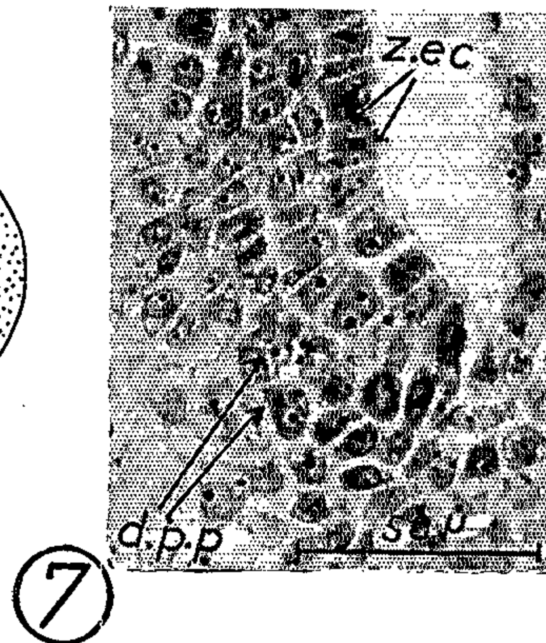
Fig. 7. — Coupe longitudinale montrant l'initiation d'une fleur à l'aisselle d'une bractée par des divisions périclines profondes (d. p. p.). La formation de la zone en écaille (z. ec.) est antérieure (navachine-hématoxyline).

Fig. 8. — Primordium floral zoné : l'activité est localisée dans les flancs. A droite, divisions périclines sous-épidermiques (d. p.) annonçant l'initiation d'un sépale (test de Brachet).

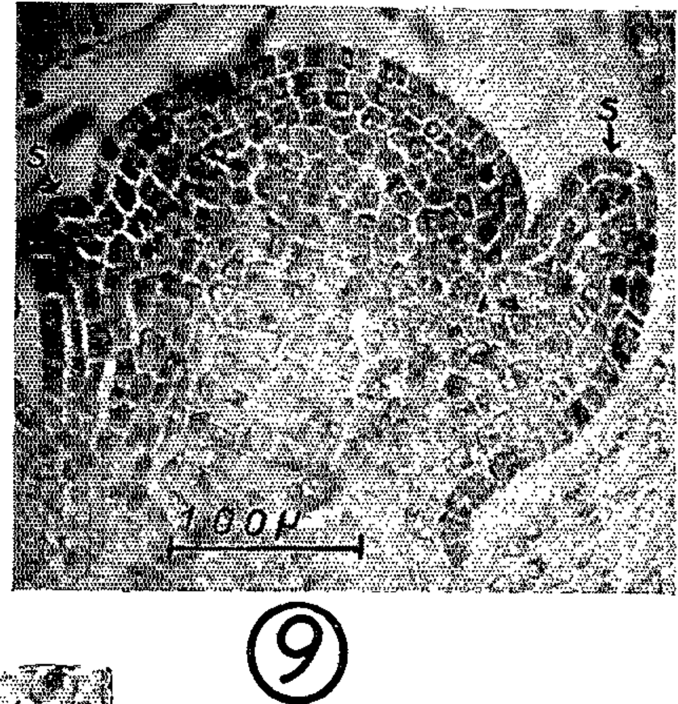
Fig. 9. — Coupe longitudinale d'une jeune fleur : persistance de la zonation jusqu'après l'initiation des sépales (s., sépales) (test de Brachet).



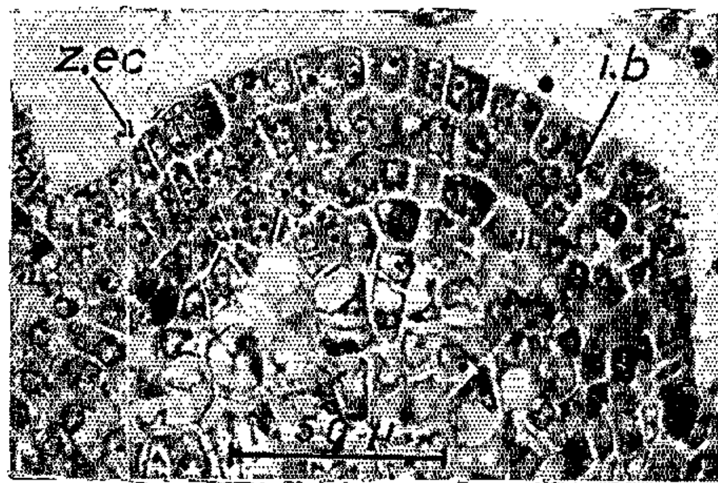
A
300 μ
2



z.ec
d.p.p
50 μ
7



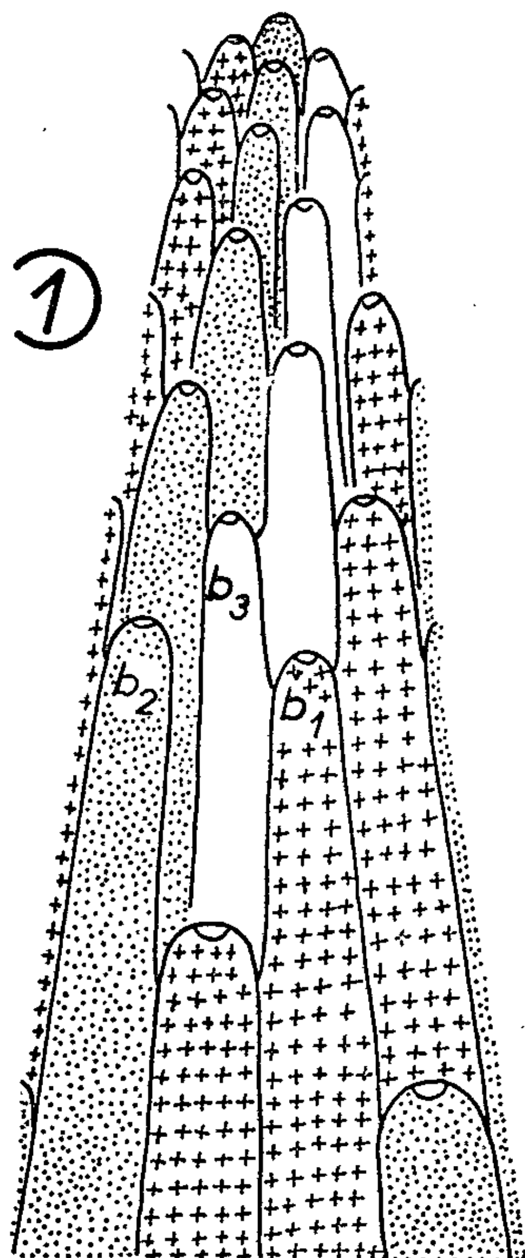
s
s
100 μ
9



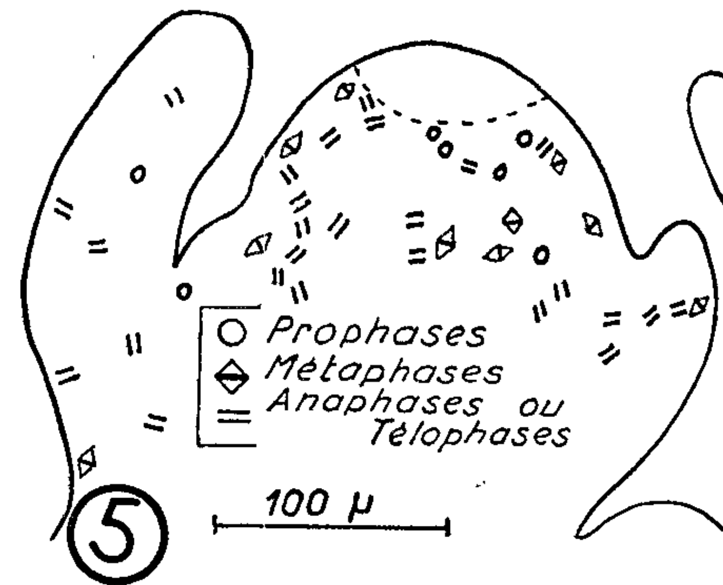
z.ec
i.b
50 μ
6



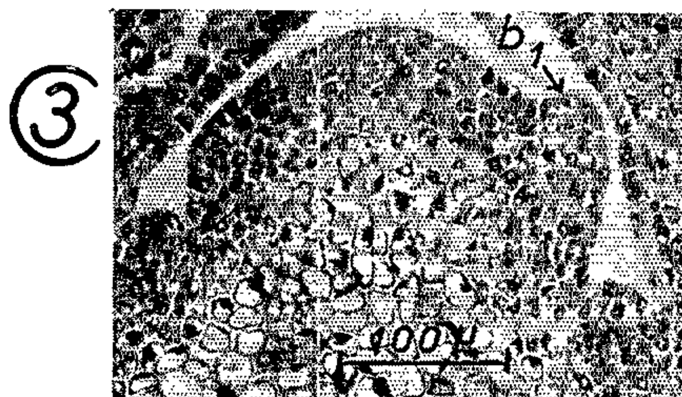
d.p
100 μ
8



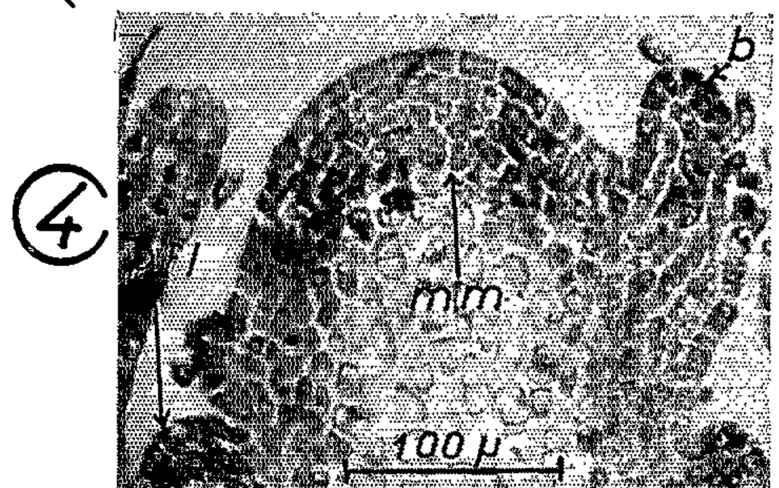
1
b3
b2
b1



Prophases
Métaphases
Anaphases ou
Télophases
100 μ
5



3
b1
100 μ



4
b
m.m
100 μ

plastochrones de retard sur sa feuille axillante ([1]), l'initiation de la fleur n'a qu'un seul plastochrone de retard sur sa bractée. Le primordium floral, très méristématique, grossit rapidement, et à l'aisselle de la bractée $n-3$ ou $n-4$ il montre déjà une zonation (*fig.* 8) : sa partie apicale devient moins méristématique (test de Brachet), alors que les flancs, au contraire, le demeurent; un méristème médullaire s'individualise.

Les préfeuilles et les sépales sont initiés par des divisions périclines latérales dans l'assise sous-épidermique du méristème floral (*fig.* 8). La zonation mettant en évidence l'activité organogène des flancs du méristème floral persiste jusqu'après l'initiation des sépales qui se forment successivement (*fig.* 9) et disparaît avec celle des pétales; ces derniers apparaissent tous en même temps. Le fonctionnement du bourgeon floral est donc, au début, très voisin de celui d'un bourgeon axillaire végétatif.

Conclusions. — Chez le *Spartium junceum* L., l'organogenèse de l'inflorescence « continue » ([4]) l'organisation du rameau feuillé. Ces résultats sont comparables à ceux fournis par l'étude de l'ontogenèse de diverses inflorescences en grappes indéfinies [([2]), ([3]), ([4]), ([5])] : le fonctionnement de l'apex reste foncièrement identique lors du passage de l'état végétatif à l'état reproducteur. De plus, il n'y a pour ainsi dire pas de phase de transition entre l'organogenèse de la pousse feuillée et l'organogenèse de la grappe : la première bractée occupe la même position qu'une nouvelle feuille. La seule modification importante, outre l'augmentation du nombre des hélices, réside dans le fait que l'initiation des méristèmes axillaires est bien plus précoce au cours de la phase reproductrice que lors de la phase végétative. Comme chez le *Lathyrus aphaca* L. ([6]) il semble bien établi que ce qui différencie l'organogenèse de la pousse feuillée de celle de la pousse reproductrice, c'est une différence de rythme dans l'initiation des méristèmes axillaires : les méristèmes floraux sont initiés plus précocement et s'organisent plus rapidement que les méristèmes gemmaires, bien que présentant un aspect identique au début de leur fonctionnement [([3]), ([4])]. Un autre fait intéressant, et qui semble assez général [([2]), ([1])], est l'augmentation des centres générateurs dans un apex qui, primitivement végétatif, devient inflorescentiel.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

([1]) P. VESCOVI, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1728.

([2]) M. HADJ-MOUSTAPHA, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1059.

([3]) M. HADJ-MOUSTAPHA, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 710.

([4]) G. BERSILLON, *Rev. Cyt. Végét.*, 19, n° 2, 1958, p. 185-197.

([5]) A. LANCE-NOUGARÈDE, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 924.

([6]) P. VESCOVI, *Comptes rendus*, 250, 1960, p. 2421.

(*Laboratoire de Botanique de la Sorbonne.*)

HISTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Modalités de l'activité proliFératrice du cambium d'*Acer pseudoplatanus *au cours du cycle annuel.* Note (*) de M[lle] **Anne-Marie Catesson**, présentée par M. Lucien Plantefol.

La reprise d'activité se fait au printemps dans les parties indifférenciées du phloème (mars), avant d'atteindre le cambium (avril), puis s'intensifie dans le xylème jeune (mai). En été, elle gagne à nouveau le phloème jeune (juin, juillet). L'activité proliFératrice ne permet de distinguer aucune assise initiale privilégiée.

L'activité cambiale du Sycomore a déjà été observée au moyen de techniques indirectes par Cockerham ([1]) en 1930. Nous avons cependant repris ce problème dans le cadre de notre étude cytologique du cambium de cet arbre, non plus en nous basant sur les seuls caractères anatomiques, mais à l'aide de relevés de mitoses, technique plus directe qui a permis, dans des recherches antérieures de Buvat et de ses élèves ([2]), de préciser le fonctionnement des apex.

Chez le Sycomore, le cambium reste au repos de la fin de septembre à la fin de février. Dans plus de 70 000 files radiales de cellules examinées nous n'avons pu déceler aucune mitose. La reprise des divisions commence dans la zone phloémienne voisine du cambium et suit de près, dans les branches d'un an, le renouveau d'activité des apex; les mitoses restent sporadiques dans les rameaux où elles ne se rencontrent guère que dans le phloème indifférencié de l'été précédent. L'assise de cellules situées contre le bois se transforme lentement en xylème. Entre les deux zones, le cambium proprement dit demeure à l'état quiescent (*fig.* 1). Les mitoses n'y apparaissent qu'à la fin de mars (*fig.* 2). Le nombre des divisions est encore faible : 1 % environ (c'est-à-dire une mitose dans la zone cambiale pour 100 files radiales de cellules). Cette fréquence augmente rapidement et atteint 10 % au début d'avril. Le rythme des cloisonnements est alors plus rapide que celui de la différenciation et la zone cambiale s'élargit. De part et d'autre se trouvent des tissus jeunes : le relevé de la figure 3, effectué dans un rameau d'un an, avant l'épanouissement du bourgeon terminal, montre une nette prédominance des mitoses du côté du phloème. En mai (*fig.* 4), la différenciation devient plus rapide que les cloisonnements et la zone cambiale ne comporte plus que quatre ou cinq cellules en épaisseur. Les divisions y sont plus nombreuses qu'en avril (près de 20 %). Elles sont alors plus abondantes dans les dérivées vers le xylème que du côté du phloème : la formation du bois prend le pas sur celle du liber. En juin, les mitoses sont à peu près aussi fréquentes dans le cambium qu'en avril. De nouveau, les divisions des dérivées libériennes surpassent en nombre celles de dérivées xylémiennes (*fig.* 5). Dans les rayons, les cloisonnements se limitent aux deux cellules qui, à ce niveau, constituent la zone cambiale. Ces caractères se retrouvent

en juillet, bien que la fréquence des mitoses ait beaucoup diminué (2 % dans la zone cambiale). A ce moment, les divisions anticlines qui assurent l'élargissement du cambium sont assez nombreuses, en particulier dans les rayons où le tiers des mitoses est anticline. Nous retrouvons chez le Sycomore un fait remarqué par Bannan ([1]) chez les Gymnospermes : l'accroissement en diamètre du cambium grâce aux cloisonnements *anticlines* des initiales se produit surtout *à la fin de la période active*. En août et en septembre les divisions cessent progressivement dans les initiales, tandis qu'elles persistent un peu plus longtemps dans le phloème en voie de différenciation, *précisément là où elles débuteront au printemps sui-*

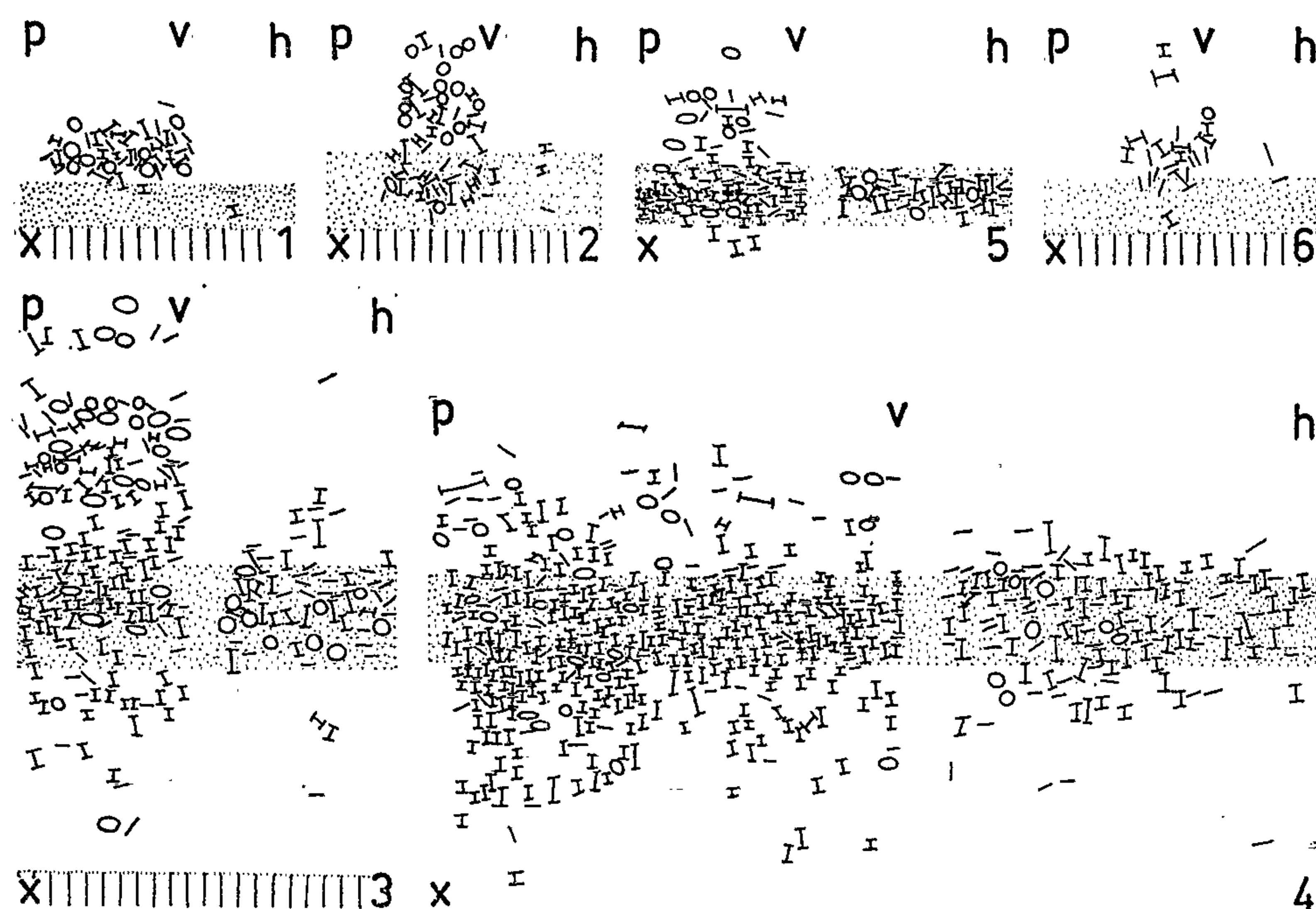


Fig. 1 à 6. — Relevés de mitoses effectués soit sur coupes transversales (*fig.* 1, 2 et 6) soit sur coupes radiales (*fig.* 3 à 5). En grisé, le cambium; en hachures, le bois différencié. O, prophase; —, métaphase; H, anaphase ou télophase; *p*, côté du phloème; *x*, côté du xylème; *h*, système « horizontal »; *v*, système « vertical ». L'abondance des télophases est due à la longue durée de cheminement des phragmoplastes.

Fig. 1. — Début mars;
relevé de 8 000 files de cellules verticales et de 50 000 de cellules radiales.
Fig. 2. — Fin mars (2 300 files verticales et 13 000 radiales).
Fig. 3. — Avril (1000 files verticales et 5 500 radiales).
Fig. 4. — Mai (1000 files verticales et 6 000 radiales).
Fig. 5. — Juin (500 files verticales et 2 500 radiales).
Fig. 6. — Août-septembre (4 000 files verticales et 20 000 radiales).

vant (*fig.* 6). L'étude de la répartition des mitoses montre ainsi les deux périodes de formation du phloème (début du printemps et été) signalées par Cockerham ([5]) et Elliot ([6]). Mais contrairement à ce dernier auteur, nous n'avons pas observé entre ces deux époques un arrêt total de la production de phloème lorsque se constitue le bois de l'année.

Les relevés effectués pendant la période d'intense activité renseignent, en outre, sur le fonctionnement de la zone génératrice (*fig.* 3 et 4). Ils montrent des mitoses périclines dans toute l'épaisseur de la zone cambiale *sans qu'il soit possible d'y déceler une assise initiale privilégiée.* Bien plus, il est fréquent que trois, quatre ou même six cellules contiguës se cloisonnent simultanément au sein de la même file radiale. Plus rarement, elles peuvent se diviser ensemble, soit transversalement (transformation en initiales courtes), soit radialement. Il semble donc impossible de déterminer chez le Sycomore une cellule initiale unique pour chaque file radiale comme l'ont fait Bannan (¹) ou Newman (⁷) chez différentes Gymnospermes; à plus forte raison il est difficile de parler d'une assise cambiale unique. Toutes les cellules de la zone cambiale paraissent se comporter comme des initiales. Ceci s'accorde avec nos observations cytologiques antérieures [(³), (⁴)] qui ne nous avaient pas montré de différence entre les diverses assises du cambium.

D'autre part, la technique de Brachet appliquée à ce matériel indique qu'en période de prolifération les ribonucléoprotéines (RNP) sont plus abondantes dans la zone cambiale et qu'elles y sont réparties à peu près uniformément. Remarquons enfin qu'en août et en septembre la teneur en RNP du cambium diminue de façon sensible pour augmenter de nouveau en avril; là, comme pour les apex, se retrouve le parallélisme entre l'activité proliférative et la teneur en RNP.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

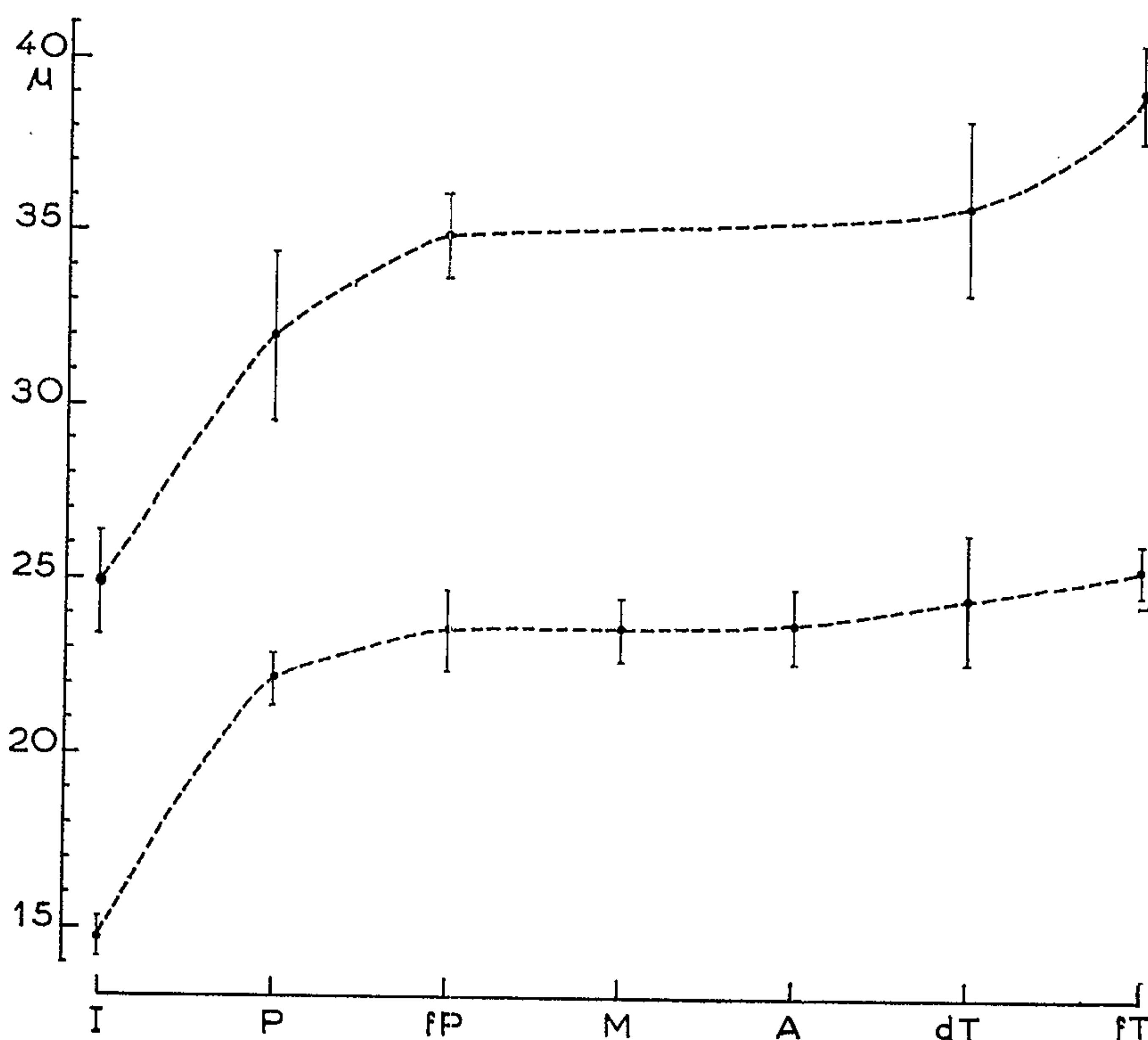
(1) M. W. BANNAN, *Canad. J. Bot.*, 35, 1957, p. 875-884 (bibliographie).
(2) R. BUVAT, *Ann. Biol.*, 31, 1955, p. 595-656.
(3) A. M. CATESSON, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 2588.
(4) A. M. CATESSON, *Comptes rendus*, 254, 1962, p. 3887.
(5) G. COCKERHAM, *Leeds Phil. and Lit. Soc. Proc.*, 2, 1930, p. 64-80.
(6) J. H. ELLIOT, *Leeds Phil. and Lit. Soc. Proc.*, 3, 1935, p. 55-67.
(7) I. V. NEWMAN, *Phytomorphology*, 6, 1956, p. 1-19.

(*Laboratoire de Botanique de l'École Normale Supérieure.*)

PHYSIOLOGIE CELLULAIRE. — *Relation entre la croissance et la division des cellules dans les méristèmes radiculaires de l'*Allium sativum *L.* Note (*) de M. **Guy Deysson** et Mme **Marie-Claude Benbadis**, présentée par M. René Souèges.

Si les cellules méristématiques s'accroissent surtout pendant l'interphase, une croissance peut également être mise en évidence au cours de la prophase et de la télophase. Cette croissance, liée à la mitose, est plus importante dans les cellules de la zone d'élongation que dans celles de la zone de multiplication.

Hertwig (1) a été le premier à admettre que la croissance du protoplasme cesse avant la division et reprend immédiatement après. Cependant, certains résultats opposés ont été observés depuis longtemps (2) et les recherches plus récentes, conduites avec une grande précision, sur des cellules isolées (Amibes, Levures, Infusoires, Bactéries) montrent que les relations entre croissance et division varient beaucoup selon le type cellulaire considéré [(3), (4)].



Les cellules méristématiques radiculaires étant un matériel très fréquemment utilisé en Physiologie cellulaire et inacessible à l'observation *in vivo*, il nous a paru intéressant d'effectuer des mensurations sur des coupes longitudinales d'extrémités radiculaires d'*Allium sativum* L. et de soumettre à l'interprétation statistique les résultats obtenus. Nous avons

considéré uniquement les cellules du parenchyme cortical situées à 1 mm de l'apex (zone de multiplication) et à 2 mm (cellules appartenant déjà à la zone d'élongation, mais encore douées d'une activité mitotique). Des observations antérieures ([5]) nous permettent d'affirmer que la fixation et l'inclusion n'ont pas modifié la taille des cellules et que, à ce niveau, l'accroissement se fait uniquement dans le sens longitudinal; il est donc possible d'évaluer la croissance cellulaire à l'aide d'une simple mesure de hauteur (en microns) que nous effectuons à l'aide d'un micromètre à réticule. Afin d'éviter tout choix parmi les cellules, nous avons mesuré systématiquement, sur des coupes successives d'une même racine, des groupes d'environ 10 cellules consécutives sur deux ou trois files voisines, au niveau du premier millimètre et au niveau du second (155 cellules ont été ainsi mesurées pour le premier millimètre et 76 pour le second).

Les résultats obtenus ont été répartis parmi les diverses catégories suivantes : interphase (I), prophase (P) (spiralisation des chromosomes), fin de prophase (fP) (disparition de la membrane nucléaire), métaphase (M), anaphase (A), début de télophase (dT) (tassement polaire des chromosomes), fin de télophase (fT) (cellules en cours de cytodiérèse). La seule difficulté réside dans l'impossibilité d'apprécier avec sécurité sur ce matériel le début de la prophase et toutes les figures douteuses ont été comptées comme interphasiques.

Les moyennes obtenues pour chaque catégorie de cellules ainsi que les intervalles de confiance à une probabilité de 95 % (test *t* de Student) sont indiqués dans la figure 1. Les différences entre ces moyennes, indiquant l'allongement au cours de chaque stade, sont rapportées dans les tableaux I et II. D'après les résultats de l'analyse de la variance (test F) effectuée pour ces valeurs, les allongements significatifs à la probabilité de 99 % sont indiqués en caractères gras et les allongements significatifs à la probabilité de 95 % sont soulignés d'un trait.

TABLEAU I.

Allongement des cellules situées à 1 mm environ de l'apex.

	Références et moyennes (µ).						
	I 14,72.	P 22,15.	fP 23,52.	M 23,57.	A 23,70.	dT 24,48.	fT 25,35.
I	–	**7,43**	–	–	–	–	–
P	–	–	1,37	1,42	1,55	2,33	**3,20**
fP	–	–	–	0,05	0,18	0,96	1,83
M	–	–	–	–	0,13	0,91	1,78
A	–	–	–	–	–	0,78	1,65
dT	–	–	–	–	–	–	0,87

TABLEAU II.

Allongement des cellules situées à 2 mm environ de l'apex.

	Références et moyennes (μ).				
	I 24,88.	P 32,01.	fP 34,86.	dT 35,73.	fT 39,07.
I..........	–	**7,13**	–	–	–
P..........	–	–	2,85	3,72	**7,06**
fP..........	–	–	–	0,87	**4,21**
dT..........	–	–	–	–	3,34

L'examen des courbes et des tableaux fait ressortir les faits suivants :

1° La période de croissance maximale est située entre l'interphase et la prophase; par suite de l'impossibilité d'apprécier avec certitude le début de la prophase, on ne peut malheureusement décider si cette croissance précède l'entrée en mitose ou si elle l'accompagne.

2° Une croissance nette se produit encore au cours de la prophase.

3° La croissance est interrompue entre la fin de la prophase et le début de la télophase.

4° La croissance reprend à partir du début de la télophase dans les cellules du second millimètre et, vraisemblablement aussi mais plus modérément, dans celles du premier.

5° Les cellules du premier millimètre et celles du second se distinguent par une croissance nettement plus importante des dernières au cours de la prophase et de la télophase.

Nous avons, d'autre part, mesuré systématiquement la taille des deux cellules-filles dans les fins de télophase et constaté que si, parfois, elles sont rigoureusement égales, il existe, le plus souvent, de petites différences comme en témoignent les exemples suivants :

Cellules du premier millimètre : 13,25 et 13,25; 15,00 et 11,70; 12,50 et 12,50; 11,50 et 12,50; 15,00 et 11,25; 13,80 et 10,25; 14,00 et 11,00; 15,00 et 13,60; 16,75 et 8,25; 12,50 et 12,50; 12,50 et 11,25.

Cellules du deuxième millimètre : 20,00 et 17,00; 22,50 et 14,70; 20,00 et 23,00; 20,00 et 20,00; 20,00 et 20,00.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) R. HERTWIG, *Biol. Centralblatt*, 23, 1903, p. 49-69.

(2) I. W. BAILEY, *Amer. J. Bot.*, 7, 1920, p. 417-434.

(3) D. M. PRESCOTT, *Internat. Rev. Cytol.*, 11, 1961, p. 255-282.

(4) D. MAZIA, *The Cell*, vol. III, Academic Press éd., New York, 1961.

(5) M. C. BENBADIS, *Rev. gén. Bot.*, 67, 1960, p. 550-571.

(*Faculté de Pharmacie de Paris, Laboratoire de Biologie cellulaire.*)

AGRONOMIE. — *Évaporation de l'eau à partir d'un sol nu. Évolution des profils hydriques.* Note (*) de MM. **Alexandre Feodoroff** et **Mohamed Rafi**, présentée par M. Maurice Lemoigne.

Au cours de la dessiccation, le profil hydrique prend des allures caractéristiques qui peuvent se rattacher aux différents stades de l'évaporation décrits dans une Note précédente.

Lorsqu'un sol sec est humecté par un arrosage, puis soumis à l'évaporation, à chaque instant il y a transfert d'eau à différents niveaux : les profils hydriques subissent un remaniement constant. C'est ce que nous allons montrer à la suite d'essais dont les résultats concernant les débits d'évaporation ont été récemment exposés [A. Feodoroff, M. Rafi ([1])]. Il ne sera question ici que du deuxième et du troisième stades.

Lorsqu'un sol ressuyé est soumis à l'évaporation le premier phénomène qu'on observe est un dessèchement de la surface, sans que l'humidité en profondeur soit considérablement affectée.

Horizon B de Versailles. Réserve : 250 mm.

	Avant évaporation.		Après une perte de 20 mm.	
Profondeur (cm)	0	20	0	20
Humidité (%).........	28,8	26,9	1,64	26,3

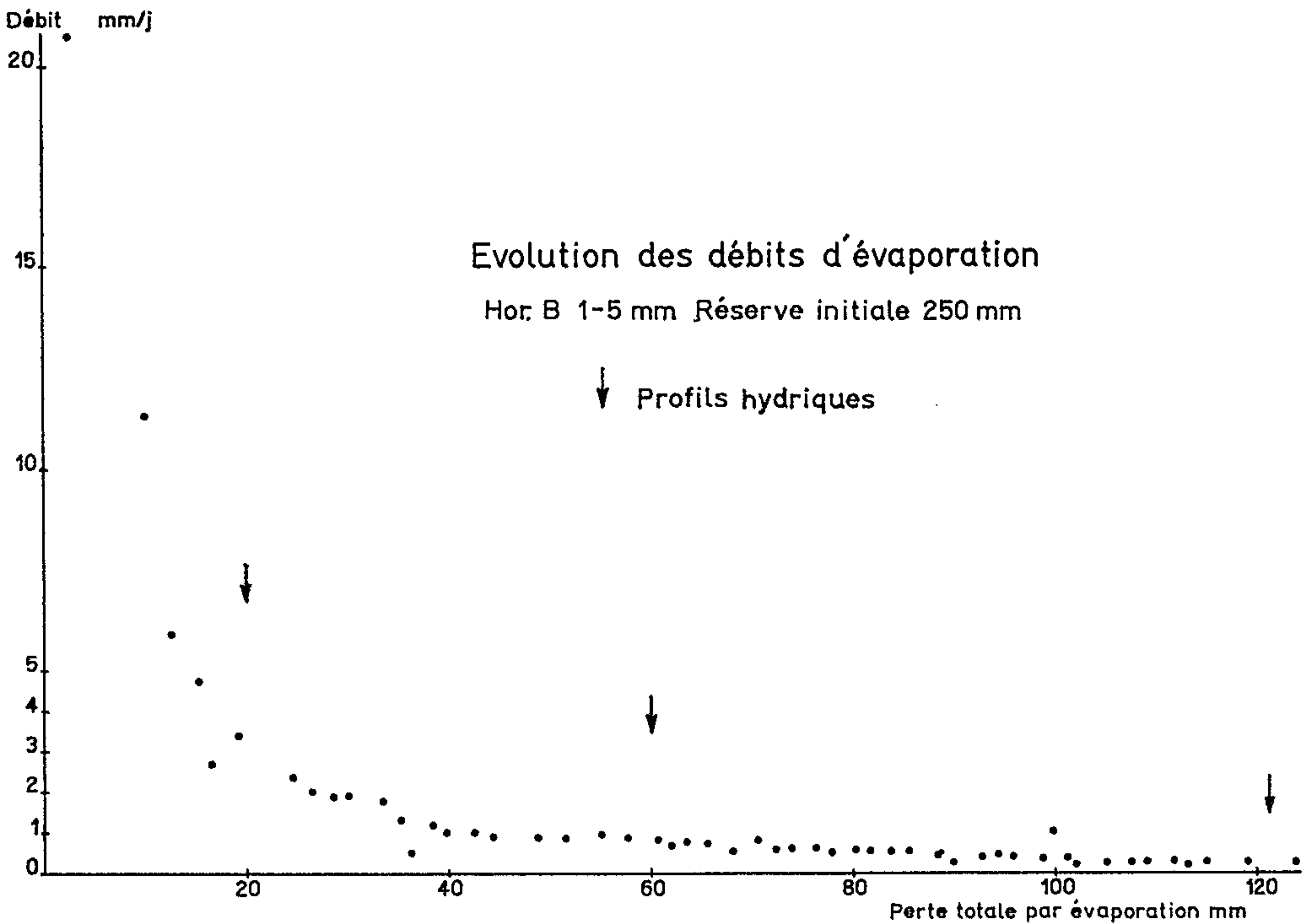


Fig. 1.

Cette dessiccation de la surface entraîne une réduction du débit d'évaporation, et la formation du self-mulching montrée par d'autres auteurs [Hallaire, 1953 ([2])]. Elle comprend sensiblement au deuxième stade de l'évaporation (débit rapidement décroissant) tel que nous l'avons défini récemment. Le profil hydrique a alors l'allure caractéristique, bien connue, avec une *convexité* orientée vers la surface du sol.

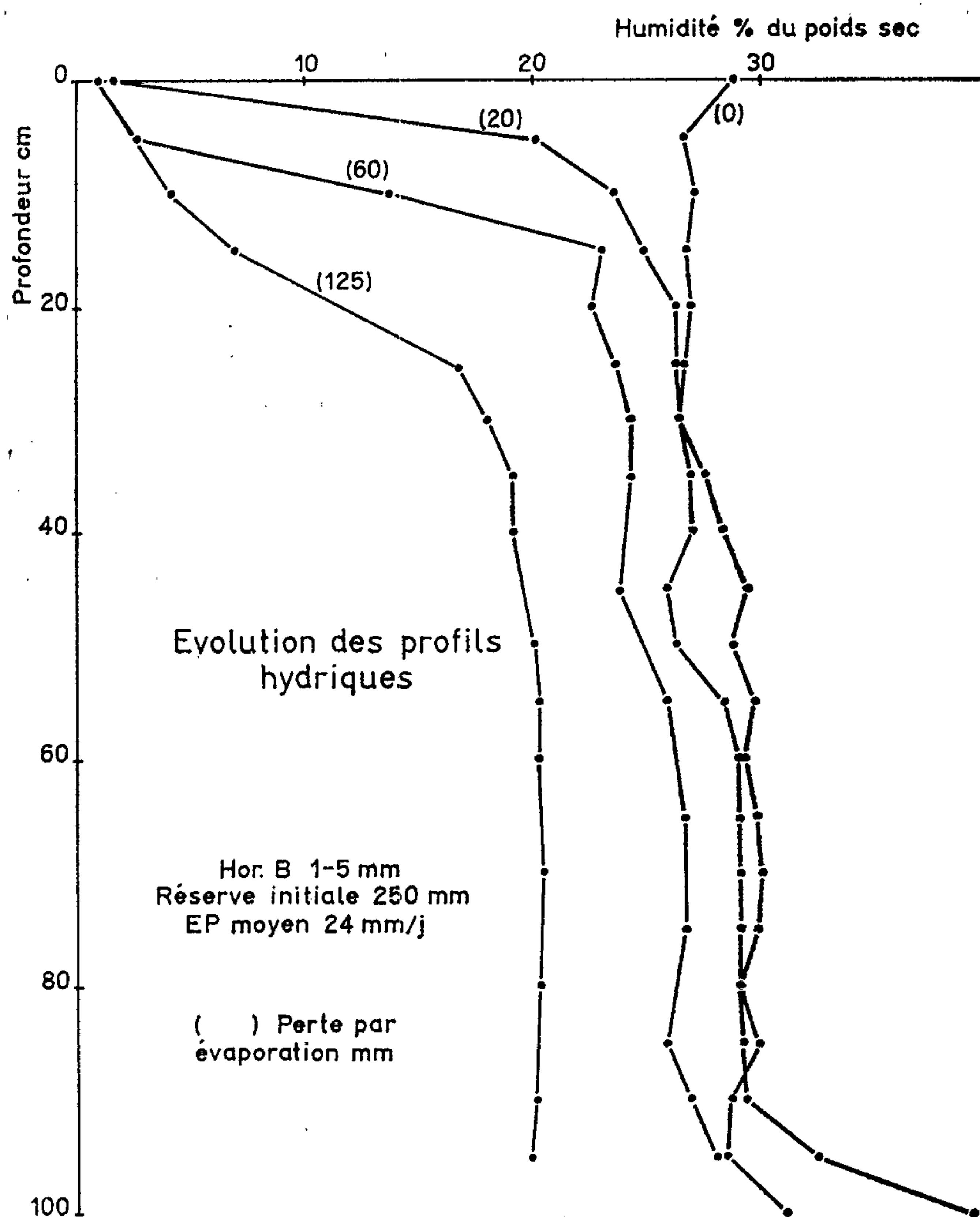


Fig. 2.

A partir de ce moment on observe conjointement trois phénomènes :

1° la dessiccation progresse depuis la surface du sol vers les couches immédiatement sous-jacentes. L'allure du profil hydrique change : il devient *concave* vers la surface. Un point d'inflexion sépare cette partie superficielle, concave du profil, de la partie sous-jacente qui garde une allure convexe;

2° au fur et à mesure de l'évaporation, le point d'inflexion progresse vers la profondeur;

3° les couches profondes sont à chaque instant caractérisées par une humidité constante avec la profondeur. Au fur et à mesure de l'évaporation, le profil hydrique se déplace par translation, c'est-à-dire sans gradient d'humidité. Nos essais montrent qu'il peut atteindre une valeur très faible de l'humidité, très nettement inférieure à la capacité de rétention.

Une évolution typique de profils hydriques est représentée sur le graphique. Des comportements analogues ont été observés, soit en plein champ [Bolchakov, 1950 ([3])], soit au laboratoire [Abramova et coll., 1956 ([4])].

En rapprochant ces profils hydriques « concaves » des débits d'évaporation de l'ensemble de la colonne de terre, nous avons constaté qu'ils correspondent à une évaporation faible, très légèrement décroissante, c'est-à-dire au troisième stade décrit dans notre Note précédente.

Ainsi même avec un débit de l'ordre de 1 mm/jour, une période prolongée sans précipitation peut conduire à la longue à un assèchement prononcé nettement en dessous de 50 cm de profondeur.

L'allure générale de ces phénomènes se retrouve dans la totalité de nos essais. Certains facteurs peuvent cependant accélérer ou retarder l'apparition de tel ou tel stade, tel ou tel profil hydrique. Ainsi le rôle des conditions climatiques et de l'état structural font l'objet d'une étude distincte de l'un de nous [Rafi, 1962 ([5])].

(*) Séance du 5 décembre 1962.

([1]) A. Feodoroff et M. Rafi, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 3220.

([2]) M. Hallaire, *Diffusion de l'eau dans le sol et répartition de l'humidité en profondeur sous sols nus et cultivés* (*Thèse, An. Agron.*, 1953).

([3]) A. F. Bolchakov, *Trav. Inst. Dokoutchaev.*, 32, 1950.

([4]) M. M. Abramova et coll., *Pochvovedenie*, n° 2, 1956.

([5]) M. Rafi, *Contribution à l'étude de l'évaporation du sol nu* (*Thèse de 3e cycle*, Paris, 1962).

(*Laboratoire d'Études des Techniques culturales, I. N. R. A., Versailles.*)

CYTOPHYSIOLOGIE. — *Incorporation de thymidine tritiée au niveau du cytoplasme de cellules hépatiques néoplasiques. Étude faite chez le Rat albinos* ([1]). Note (*) de Mme **Anne-Marie de Recondo**, MM. **Charles Frayssinet** et **Juan-José de Recondo**, présentée par M. Emmanuel Fauré-Fremiet.

Dans divers types d'hépatomes expérimentaux du Rat, les auteurs ont constaté une incorporation de thymidine tritiée au niveau du cytoplasme, que le précurseur du DNA soit administré par perfusion ou par injection intrapéritonéale. Dans d'autres expériences sur des animaux normaux ou en hypertrophie compensatrice la même thymidine radioactive a toujours été incorporée spécifiquement au niveau du noyau.

Technique. — Nous avons administré à des rats porteurs d'hépatomes, de la thymidine tritiée d'une activité spécifique de 2,5 C/mM, soit par perfusion dans l'artère hépatique ([2]), soit par injection intrapéritonéale. La perfusion était faite à vitesse lente (5 ml de sérum physiologique en 48 h) et l'animal sacrifié dès la fin de la perfusion. Les injections intrapéritonéales ont été pratiquées 5 à 9 h avant le sacrifice. Les doses de thymidine correspondaient à 40 et 80 μC par rat de 250 g environ; ces doses sont bien inférieures à celles qui peuvent entraîner des anomalies mitotiques [Grisham ([3])]. Les foies ont été fixés au formol neutre et nous avons ensuite procédé à une étude autohistoradiographique des prélèvements en utilisant les émulsions nucléaires « K_5 » ou « G_5 » de chez Ilford.

La thymidine que nous avons utilisée (« thymidine nominally 6-T » préparée par the Radiochemical Centre, Amersham) est essentiellement marquée sur le noyau pyrimidique. Il est donc peu probable qu'il y ait un échange notable entre le $^3H^*$ et l'hydrogène d'une autre molécule, échange que nous n'avons jamais constaté lors d'une étude systématique de la synthèse du DNA au cours de l'hypertropie compensatrice après hépatectomie partielle. En outre, nous avons lavé à froid certaines des coupes histologiques par de l'acide perchlorique à 5 % avant l'étalement de l'émulsion photographique, éliminant ainsi les produits acidosolubles : oligonucléotides et thymidine libre. Dans ces conditions, on peut admettre que le marquage résistant à l'action de l'acide perchlorique correspond, sinon uniquement à du DNA, du moins à des polydésoxyribonucléotides ayant incorporé de la thymidine radioactive.

Résultats. — Au bout de quatre à six semaines d'exposition nous avons pu constater les faits suivants :

1° Alors que dans un foie normal la proportion de cellules synthétisant du DNA, et par conséquent marquées, est très faible, dans tous les hépatomes observés au contraire il y a de nombreux noyaux nettement radioactifs disséminés par petits groupes dans du tissu hépatique encore bien différencié (*fig.* 1).

2° Dans un certain nombre d'hépatomes nous avons en outre découvert soit dans des zones tumorales à cellules polynucléées, soit dans des zones de parenchyme encore différencié mais dont l'architecture est déjà perturbée, des plages de cellules présentant un fin marquage cytoplasmique. Les noyaux de ces cellules, qui ont un aspect cytologique normal, ne sont pratiquement pas marqués; la même coupe présente deux ou trois traînées de cellules de ce type et elles se retrouvent également sur des coupes jumelles (*fig.* 2, 3 et 4). Les grains d'argent semblent associés à de petites granulations cytoplasmiques nettement différentes, cependant, de celles des macrophages.

Enfin, un lavage par l'acide perchlorique froid n'élimine pas ce marquage cytoplasmique (*fig.* 3 et 4).

Nous avons retrouvé ce phénomène dans 8 hépatomes sur 12. Ces hépatomes étaient obtenus par ingestion d'un régime contenant soit du *p*-diméthylaminoazobenzène, soit de la toxine d'*Aspergillus flavus* associés ou non à des traitements hormonaux.

Discussion. — La présence de DNA dans le cytoplasme a été mise en évidence dans divers systèmes biologiques *in vivo* ou *in vitro*. Sans envisager le règne végétal, il convient de distinguer le DNA cytoplasmique de réserve dont la présence a été reconnue depuis plusieurs années dans les œufs de divers animaux [Vendrely ([4]) revue de Chen ([5])] et un DNA apparaissant dans le cytoplasme lors de certaines perturbations de la vie cellulaire : travaux de Plaut et Sagan [([6]), ([7])] sur l'Amibe soumise à un jeûne prolongé, travaux de Chèvremont ([8]) sur les fibroblastes en culture traités par la désoxyribonucléase acide.

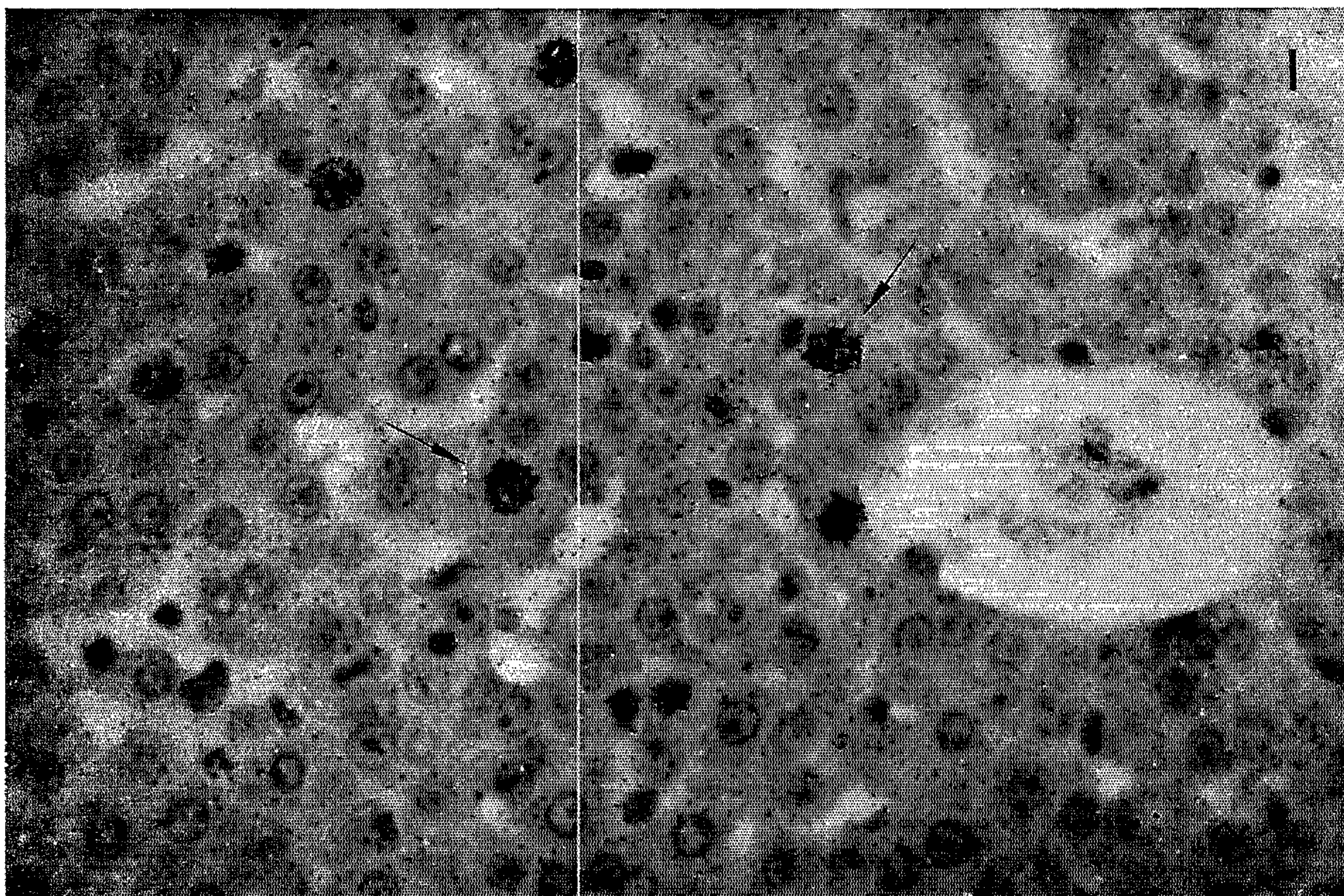
En ce qui concerne les tissus néoplasiques nous devons signaler le marquage cytoplasmique constaté par Logan ([9]) dans des cellules d'ascites incubées en présence de thymidine tritiée ainsi que les travaux de Leuchtenberger [([10]), ([11])] et Helvig ([12]) qui ont décelé, chez l'Homme, dans plus de 600 cas de tumeurs du côlon la présence de particules cytoplasmiques contenant du DNA ou du moins un corps très proche, colorable au Feulgen. Ces auteurs attribuent ce phénomène au développement d'un virus.

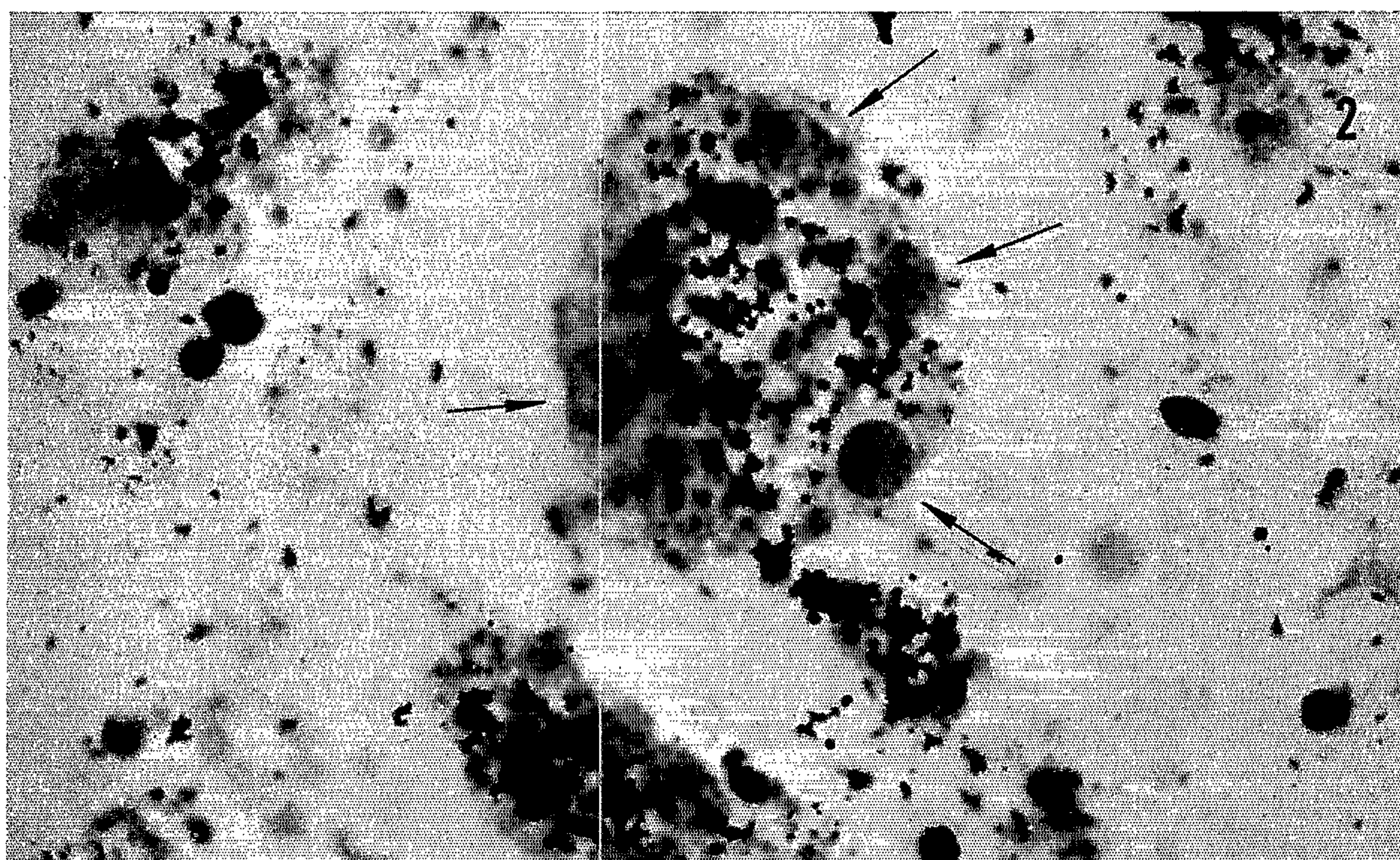
Pour notre part, il nous semble intéressant d'avoir pu constater une telle modification de la localisation du DNA dans divers types d'hépatomes expérimentaux, que cette modification doive être par la suite attribuée

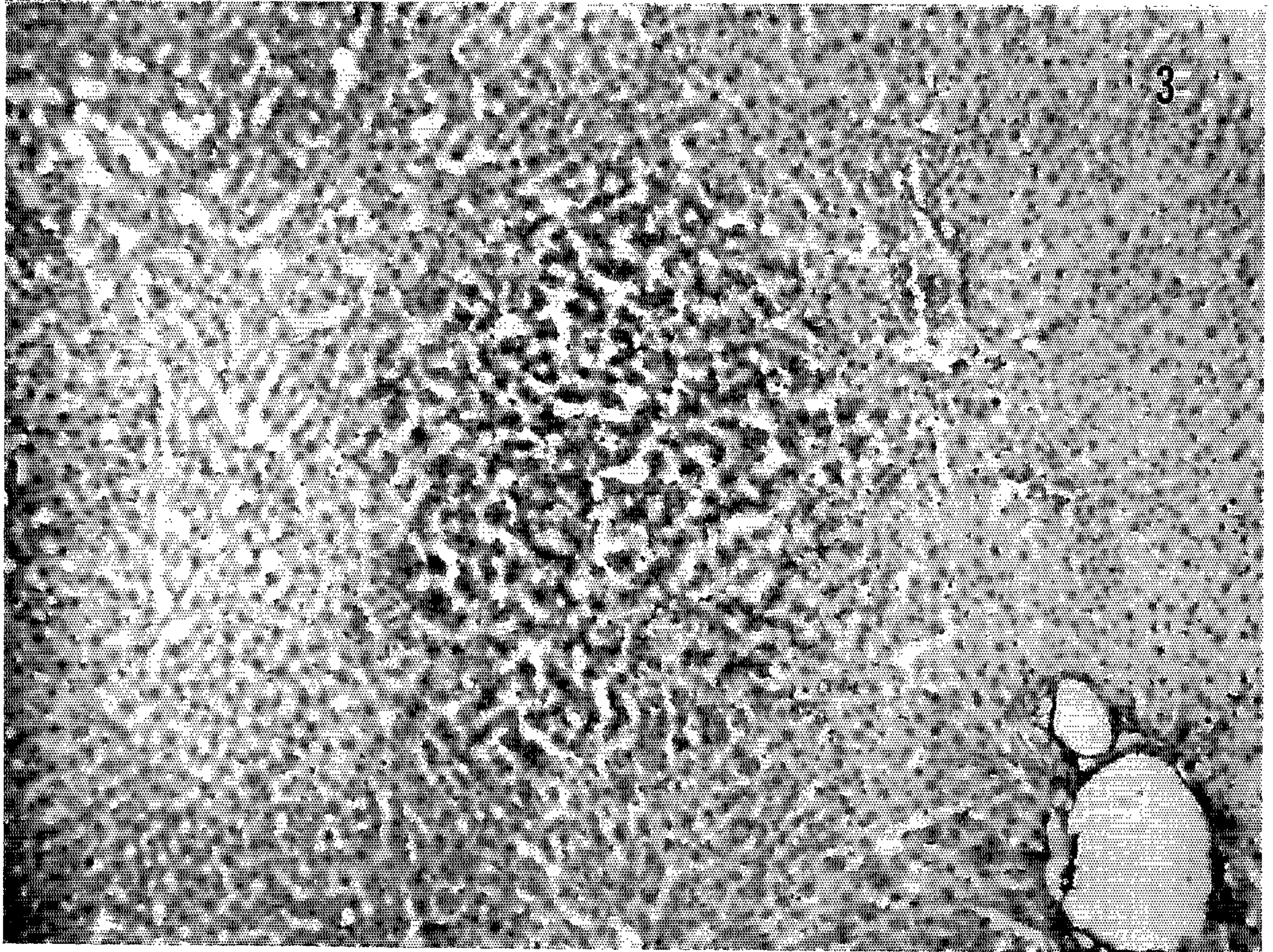
EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1. — Hépatome n° 8051 (G × 600). Émulsion K_5. Trois semaines d'exposition. Nombreux noyaux marqués dans une zone de tissu hépatique encore différenciée.

Fig. 2. — Hépatome n° 8007 (G × 1500). Émulsion G_5. Cinq semaines d'exposition. Cellules tumorales présentant un important marquage au niveau du cytoplasme. (Les flèches indiquent les noyaux.)


1


2


3

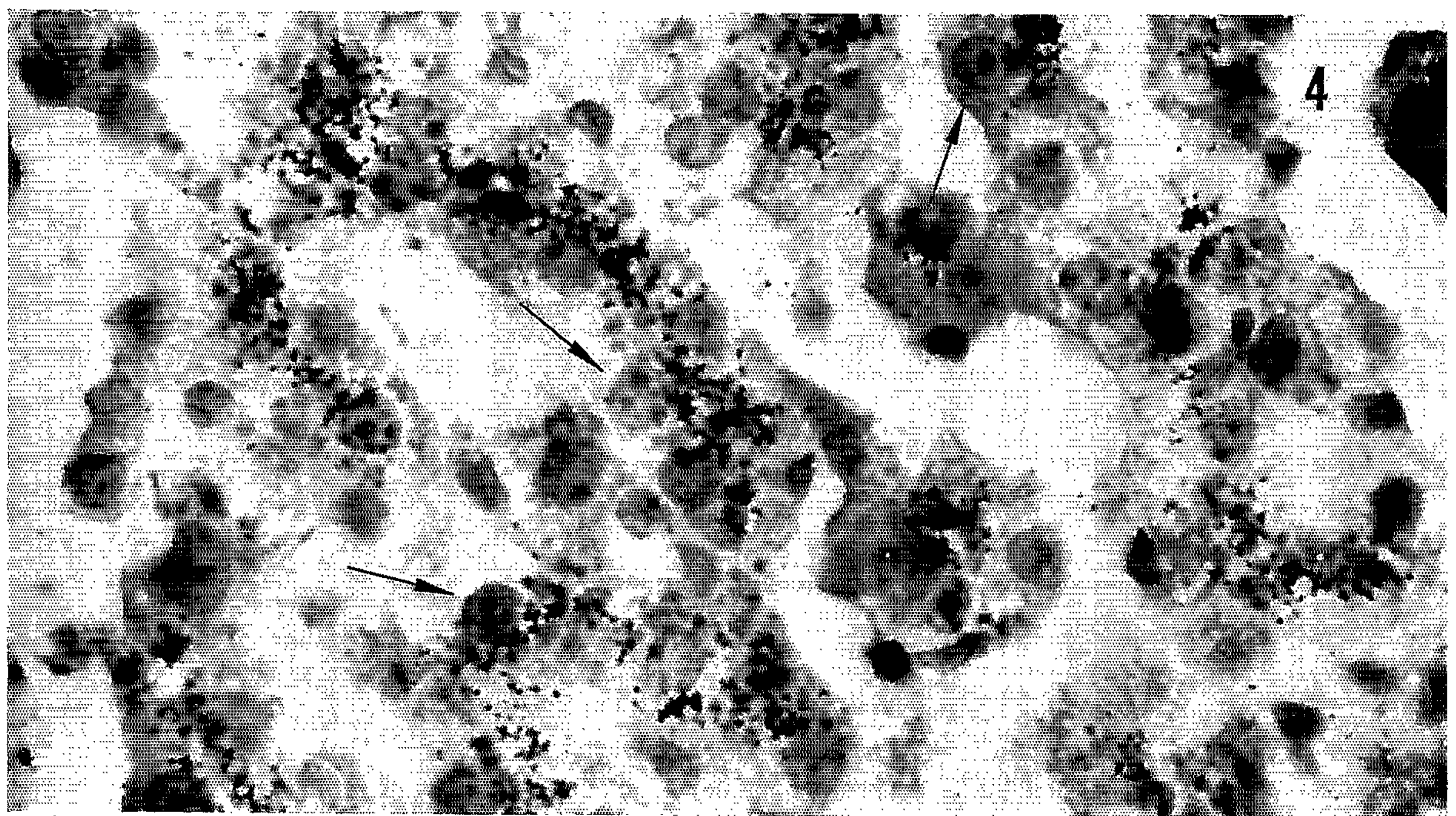

4

Fig. 3 et 4. — Hépatome n° 8052. 3. Vue d'ensemble d'une zone de cellules ayant incorporé de la thymidine tritiée dans leur cytoplasme (G × 123). 4. La même zone à un fort grossissement (G × 975). Émulsion K_5. Quatre semaines d'exposition. Cette coupe a été lavée à l'acide perchlorique à 5 %. Noter les noyaux nettement structurés mais non marqués par la thymidine.

au processus de cancérisation lui-même (altération du processus biochimique de synthèse) ou au développement d'un virus. Nous nous attachons actuellement à préciser la nature et la localisation de ce DNA en étudiant son attaque par de la désoxyribonucléase cristallisée, le caractère Feulgen positif des granules cytoplasmiques auxquels il semble lié et, dans les cellules où il apparaît, la teneur en DNA des noyaux.

Ces recherches ont bénéficié de l'aide d'une subvention de la Caisse des Dépôts et Consignations.

(*) Séance du 26 novembre 1962.

(1) Ce travail a été effectué avec la collaboration technique de Mlles M. Hardy et J. Picard.

(2) Cette technique mise au point par l'un d'entre nous (Ch. Frayssinet) fera l'objet d'une Communication à la Réunion annuelle de l'Association des Physiologistes de langue française.

(3) J. W. Grisham, *Proc. Soc. Exper. Biol. and Med.*, 105, 1960, p. 555.

(4) C. Vendrely et R. Vendrely, *C. R. Soc. Biol.*, 143, 1949, p. 1386.

(5) P. S. Chen, *Experimental Cell Research*, 21, 1960, p. 523.

(6) W. Plaut, *Biochem. Pharmacol.*, 4, 1960, p. 79.

(7) W. Plaut et L. A. Sagan, *J. Biophys. Biochem. Cytol.*, 4, 1958, p. 843.

(8) M. Chevremont, *Path. Biol.*, 9, 1961, p. 973.

(9) R. Logan, cité par W. Plaut, *voir* (6).

(10) C. Leuchtenberger, *Laboratory Investigation*, 3, 1954, p. 132.

(11) Leuchtenberger et coll., *Acta genetica et statistica medica*, 6, 1958, p. 291.

(12) F. C. Helvig, *Disease of the colon and Rectum*, 1, 1958, p. 270.

(Centre de Recherches sur la Cellule Normale et Cancéreuse, C. N. R. S., Villejuif).

ENDOCRINOLOGIE. — *Rapports neurovasculaires et neuroglandulaires dans l'hypophyse de quelques poissons. Étude au microscope électronique.* Note (*) de M. **Ernest Follenius**, présentée par M. Robert Courrier.

Les observations microélectroniques apportent la preuve de l'existence d'un relais neurohumoral intrahypophysaire chez les Poissons téléostéens. Des terminaisons nerveuses à neurosécrétions fines sont décrites sur les capillaires de la partie antérieure et moyenne de la neurohypophyse. De nombreuses jonctions neuroglandulaires sont susceptibles d'intervenir dans le contrôle hypothalamique des activités hypophysaires.

Plusieurs travaux d'histologie classique [Bretschneider et Duyvene de Wit ([1]), Green ([2]), Stutinsky ([3]), Da Lage ([4]), Bugnon et Lenys ([5]), Leray, Seite et Stahl ([6]), Stahl et Leray ([7]), Lenys ([8])] avaient souligné l'importance de l'innervation de l'hypophyse glandulaire chez les Poissons téléostéens. L'examen des connexions vasculaires avait permis d'établir l'absence d'un système porte extrahypophysaire dans ce groupe de Vertébrés [([2]), ([4]), ([7])], Legait et Legait ([9]), Follenius ([10]).

Les méthodes neurohistologiques et histologiques, même plus spécialement adaptées à la mise en évidence des fibres neurosécrétoires, ne pouvaient préciser le point d'aboutissement exact des fibres nerveuses d'origine hypothalamique. De ce fait, il subsiste un certain nombre de questions concernant les modalités morphologiques du contrôle hypothalamique des activités hypophysaires chez les Poissons.

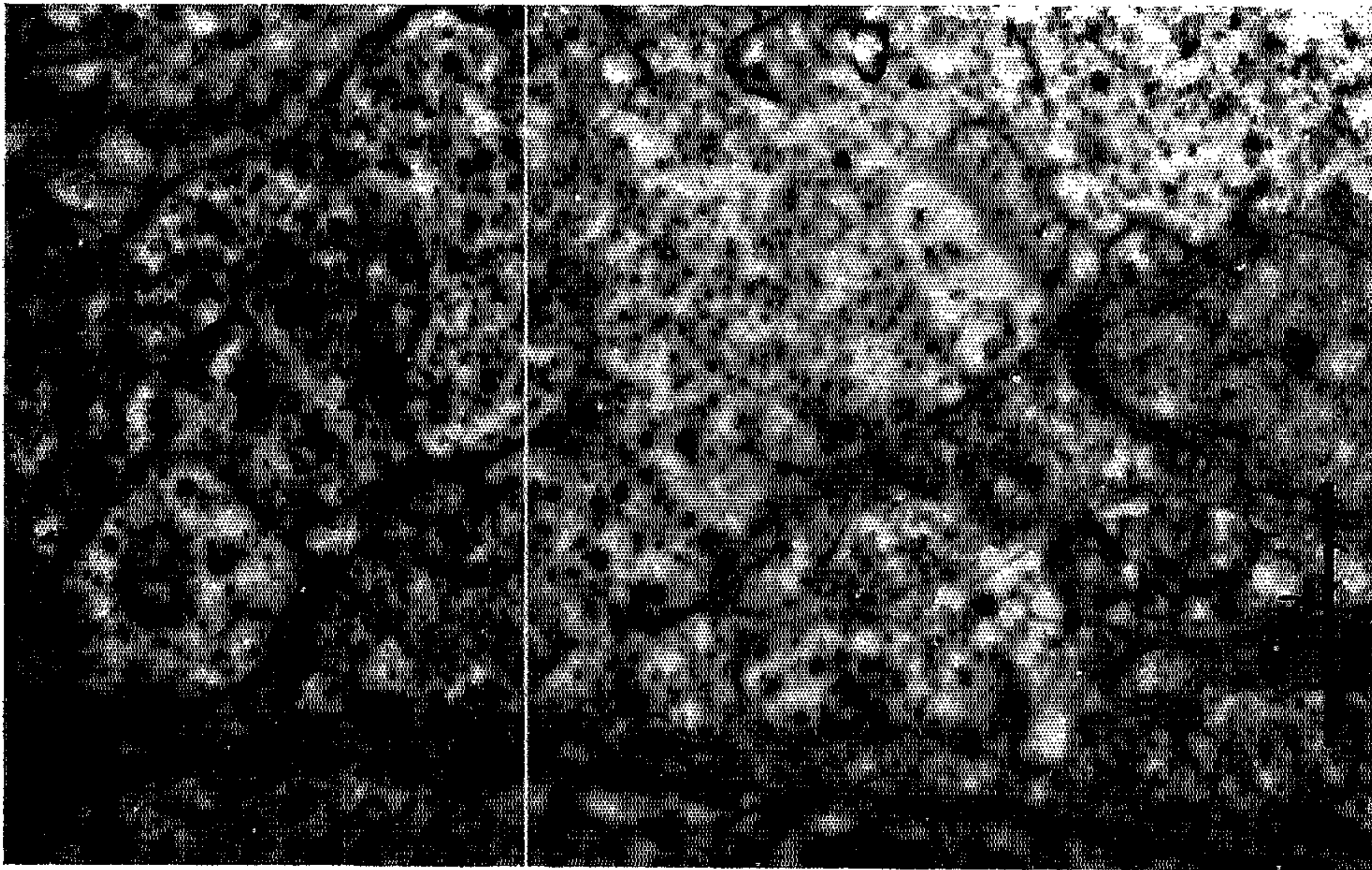
L'appréciation de l'importance respective de la voie nerveuse directe et de la voie neurovasculaire dans la réalisation du contrôle hypothalamique de l'hypophyse des Poissons est fonction de la nature et de la localisation des jonctions neuroglandulaires et neurovasculaires dans les différentes parties de l'hypophyse. Nous avons d'abord montré qu'il est possible de différencier les neurosécrétions d'après la taille maximale moyenne des grains élémentaires observés au microscope électronique. [Follenius ([11])]. Depuis, des résultats analogues ont été retrouvés chez les Sélaciens par Mellinger ([12]).

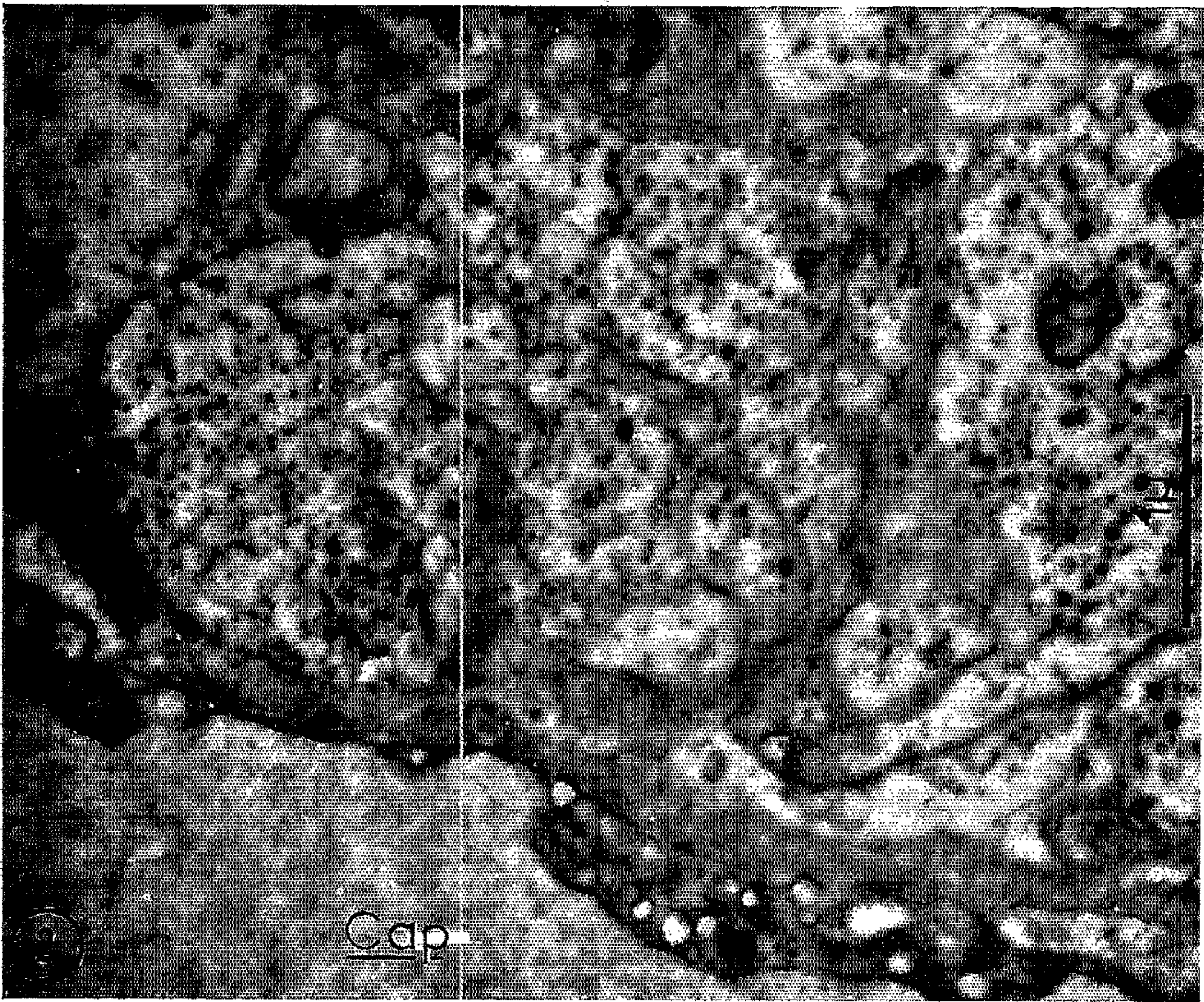
Nous avons entrepris l'étude de la structure et de la répartition des jonctions neurovasculaires et neuroglandulaires dans l'hypophyse de la Truite, de la Perche, du Guppy et du Vairon.

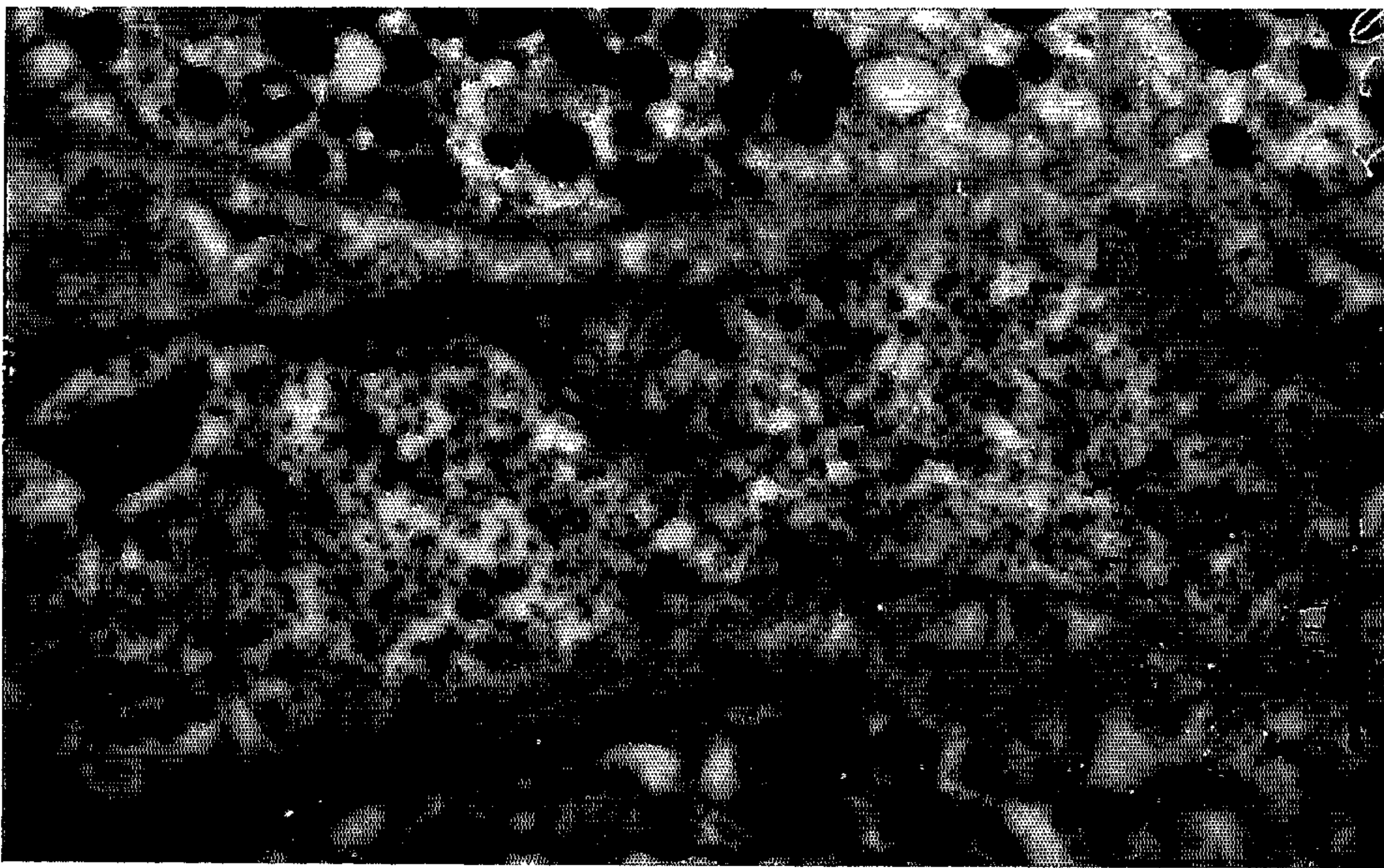
EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1. — Terminaisons nerveuses riches en vésicules « synaptiques » et en granules élémentaires de neurosécrétions de faible diamètre. Elles s'appliquent directement contre la membrane basale formant la limite avec la bandelette chromophobe de la proadénohypophyse. Perche (G × 30 000).

Fig. 2. — Terminaison neuro-vasculaire sur un capillaire du réseau primaire. Les contacts neurovasculaires sont directs. Cap, capillaire, Perche (G × 30 000).




Cap



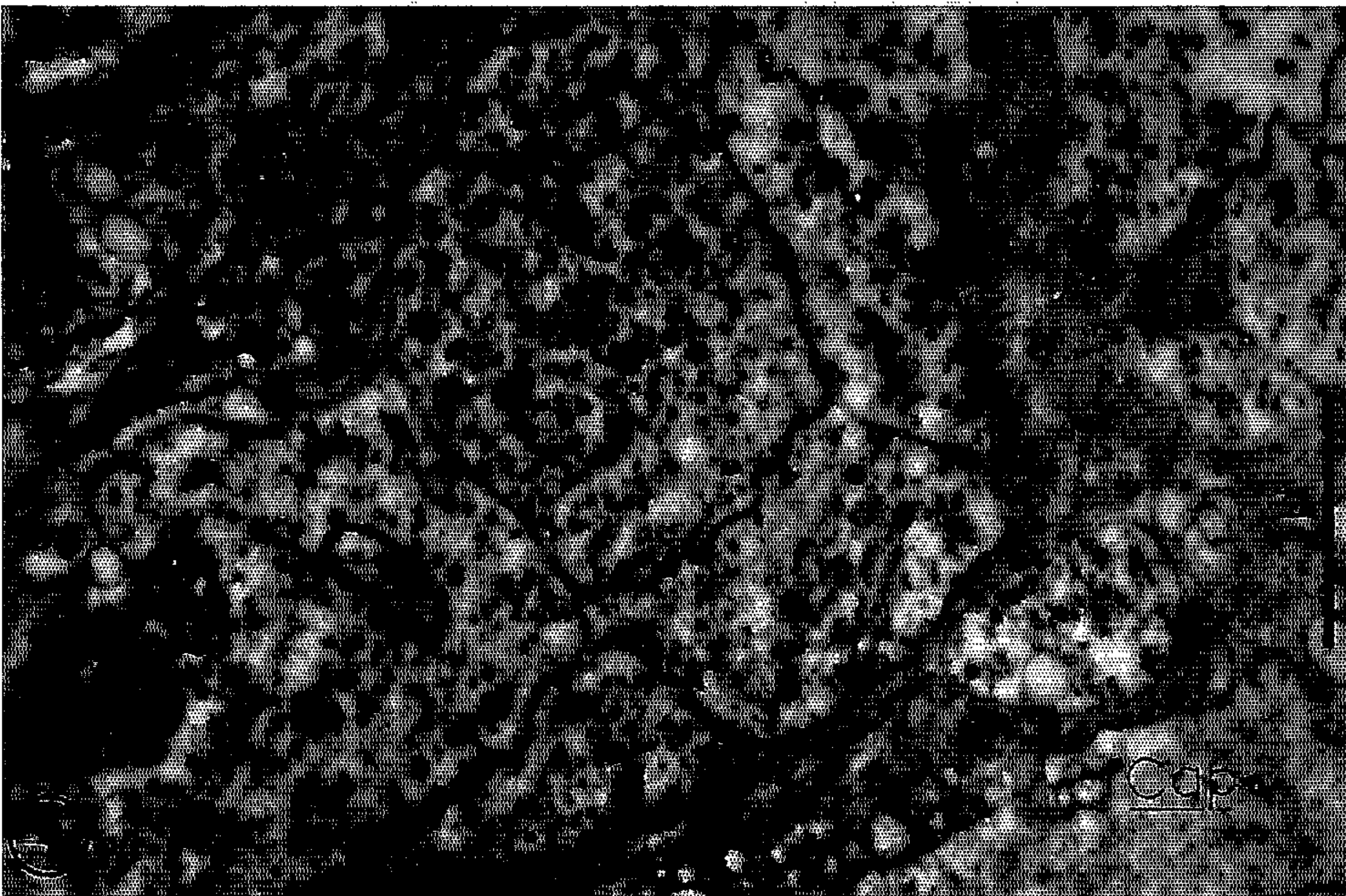

Cap

Fig. 3. — Coupe parallèle à la surface synaptique dans une terminaison neuroglandulaire de la mésoadénohypophyse de la Perche. Innervation des cellules acidophiles de la mésoadénohypophyse (G × 28 000).

Fig. 4. — Contacts neurovasculaires directs sur un capillaire passant dans une digitation du lobe nerveux située dans la mésoadénohypophyse de la Truite (G × 30 000).

Aussi bien chez la Perche que chez la Truite, l'innervation de la *proadénohypophyse* intéresse surtout la bandelette de cellules chromophobes qui touche la partie crâniale de la neurohypophyse. Quelques digitations de faible importance pénètrent plus en profondeur. La plus grande partie des fibres est du type neurosécrétoire. Elles contiennent dans leur partie terminale, appliquée contre la basale qui limite le lobe nerveux, un grand nombre de vésicules « synaptiques » (*fig.* 1) et quelques granules élémentaires de neurosécrétion. La taille des grains dépasse à peine celle des vésicules synaptiques. Chez la Truite, le diamètre maximal moyen [Follenius ([11])] de 25 grains est de 700 Å. Chez la Perche le même type de fibres contient des grains dont le diamètre est de 710 Å.

Sur les préparations histologiques et sur les coupes semi-fines cette région du lobe nerveux renferme quelques très fines granulations PAS positives. D'après les caractéristiques ultrastructurales des neurosécrétions, ces fibres ne semblent pas appartenir au faisceau tubérohypophysaire, bien qu'elles présentent une réaction légèrement PAS positive.

Un certain nombre de fibres qui présentent les mêmes caractéristiques se terminent sur les capillaires du réseau primaire, directement alimenté par l'artère hypophysaire. Les capillaires qui dérivent de cette partie du réseau primaire passent entre les follicules de la proadénohypophyse, chez la Truite et dans les feuillets conjonctifs séparant les différentes lames de tissu glandulaire, chez la Perche. Les contacts neurovasculaires sont directs, c'est-à-dire que nous n'avons pas observé l'interposition de prolongements gliaux ou épendymaires entre les terminaisons et la basale des capillaires (*fig.* 2).

Dans la *mésoadénohypophyse* les deux types de jonctions ont été mises en évidence. Les digitations de la neurohypophyse pénètrent assez profondément dans le parenchyme glandulaire. De nombreuses fibres crinophores s'arrêtent sur la membrane basale qui entoure les digitations. Il ne semble pas que, chez les deux espèces étudiées, des fibres la franchissent pour pénétrer plus en profondeur dans le tissu glandulaire. La figure 3 représente une coupe passant dans la partie terminale d'une jonction neuroglandulaire très riche en vésicules « synaptiques » et contenant quelques granules de neurosécrétions. La terminaison nerveuse et la cellule acidophile sous-jacente sont séparées par la membrane basale. Les cellules acidophiles innervées ne présentent pas de différenciation spéciale de leur cytoplasme apical.

Chez la Truite de nombreuses fibres à neurosécrétions fines, et quelques fibres à neurosécrétions de diamètre plus élevé aboutissent directement sur les capillaires. La figure n° 4 donne les principales caractéristiques de ces terminaisons. Dans la *meta-adénohypophyse* de la Perche et de la Truite les rapports entre les fibres neurosécrétrices du faisceau préoptico-hypophysaire et les cellules glandulaires ne sont pas aussi directes que chez Gadus morrhua [Bargmann et Knoop (13)]. La structure des terminaisons, les rapports entre les fibres nerveuses et les cellules glandulaires, sont tout à fait analogues à ceux décrits dans la mésoadénohypophyse. Chez *Phoxinus* et *Lebistes*, par contre, des rapports neuroglandulaires directs sans interposition de la basale, ont été observés.

Nos observations au microscope électronique montrent que des faisceaux de fibres crinophores de nature différente aboutissent dans les différents lobes hypophysaires. Elles se terminent soit sur la basale marginale des digitations nerveuses, soit sur les capillaires qui y cheminent. D'après ces observations le contrôle hypothalamique des fonctions hypophysaires se fait en partie grâce à des jonctions neuroglandulaires et en partie grâce à un relais vasculaire. L'existence de ce dernier, démontrée par nos observations, avait été admise à titre d'hypothèse par Green (2). La présence d'un relais neurovasculaire, analogue à celui de l'éminence médiane des Vertébrés tétrapodes dans la neurohypophyse antérieure des Poissons téléostéens constitue un nouvel argument en faveur de l'homologation de celle-ci avec l'éminence médiane proposée par Diepen (14).

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) L. H. Bretschneider et J. J. Duyvene de Wit, *Monogr. Progr. Res. Holland d. the war. Elsevier*, 1947.
(2) J. D. Green, *Amer. J. Anat.*, 88, 1951, p. 225-312.
(3) Fr. Stutinsky, *Thèse*, Fac. Sc., Paris, 1955.
(4) Chr. da Lage, *Arch. Anat. micr. Morph. exp.*, 47, 1958, p. 401-445.
(5) Cl. Bugnon et D. Lenys, *Ier Cong. Europ. Anat.* (*Anat. Anz. Ergbd*), 109, 1960, p. 520-529.
(6) C. Leray, R. Seite et A. Stahl, *C. R. Soc. Biol.*, 155, 1961, p. 1341-1343.
(7) A. Stahl et C. Leray, *Mem. Soc. Endocr.*, 12, 1962, p. 149-163.
(8) D. Lenys, *Thèse*, Fac. de Médecine, Nancy, 1962.
(9) H. Legait, *C. R. Soc. Biol.*, 151, 1957, p. 1940-1943.
(10) E. Follenius, *Comptes rendus*, 253, 1961, p. 1015.
(11) E. Follenius, *Gen. a. Comp. End.*, 1962 (sous presse) et *Thèse ès sciences*, Université de Strasbourg.
(12) J. Mellinger, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 1789.
(13) W. Bargmann et A. Knoop, *Z. Zellforsch.*, 52, 1960, p. 256-277.
(14) R. Diepen, *Anat. Anz. Ergh*, 100, 1953-1954, p. 111-122.

(*Laboratoire de Zoologie et Embryologie expérimentale et Centre de Recherches nucléaires, Université de Strasbourg.*)

ENDOCRINOLOGIE. — *Changements de couleur morphologiques chez* Leander serratus (*Crustacé Décapode*). Note de Mlle **Colette Chassard**, présentée par M. Louis Fage.

Les changements de couleur morphologiques chez *Leander serratus* se traduisent par des modifications de la quantité des pigments d'une part et de la qualité et du nombre des chromatophores d'autre part.

L'adaptation chromatique se traduit par deux phénomènes; le premier, appelé changement de couleur physiologique, est rapide et transitoire, il se manifeste par la concentration ou l'étalement du pigment à l'intérieur du chromatophore. Le second, appelé changement de couleur morphologique, est le résultat d'une adaptation de longue durée; Bowman (1) le définit ainsi : « le changement de couleur morphologique consiste en une modification, en réponse au fond, du nombre relatif des différentes catégories de chromatophores et de la quantité de pigments contenue dans chaque chromatophore. »

Pour cette étude, une cinquantaine de *Leander serratus* ont été individuellement mis en élevage en eau de mer courante, sur fonds noirs et blancs, pendant deux mois (période durant laquelle les animaux ont, en moyenne, mué trois ou quatre fois). La livrée chromatique de cette espèce est constituée essentiellement de trois grands ensembles : 1° les grands chromatophores bichromes jaune-rouge des raies; 2° les petits chromatophores bichromes jaune-rouge du fond; 3° les grands chromatophores bichromes blanc-rouge répartis isolément. Ces expériences ont exigé un repérage topographique précis des chromatophores des trois catégories, en des emplacements strictement délimités où un comptage pouvait être exactement fait à chaque observation.

Résultats. — 1. *Adaptation à un fond blanc.* — 1° *Chromatophores jaune-rouge des raies* : Diminution de 25 % du nombre des chromatophores. On observe d'abord la disparition du pigment rouge laissant ainsi les cellules pigmentaires monochromes jaunes; le pigment jaune disparait ensuite.

— Diminution de la quantité des pigments à l'intérieur des chromatophores restants au point que ces grands chromatophores sont réduits à la taille des petits du fond.

2° *Chromatophores jaune-rouge du fond* : Diminution de 40 % de leur nombre. On assiste d'abord à la disparition du pigment rouge, plus rapide que dans le cas des chromatophores des raies; de plus, les monochromes

jaunes qui en résultent sont très persistants et ne disparaissent que beaucoup plus tard (deux mois après).

— Diminution de la quantité des pigments.

3° *Grands chromatophores blanc-rouge :* Augmentation de 10 % de leur nombre.

— Diminution de la quantité des pigments blanc et rouge à l'intérieur des chromatophores préexistants.

2. *Adaptation à un fond noir.* — 1° *Chromatophores jaune-rouge des raies :* Augmentation de 10 % de leur nombre.

— L'augmentation de la quantité du pigment jaune dans les chromatophores préexistants est difficilement dissociable de celle du pigment rouge qui le masque par son étalement maximal.

2° *Chromatophores jaune-rouge du fond :* L'augmentation de leur nombre peut atteindre 100 %. Leur apparition est rapide (en un mois).

— Augmentation de la quantité des pigments.

3° *Grands chromatophores blanc-rouge :* Diminution de 50 % de leur nombre. Le pigment blanc disparaît le premier en laissant des monochromes rouges.

— Diminution de la quantité des pigments blanc et rouge à l'intérieur des chromatophores restants.

Conclusions. — Des phénomènes comparables ont déjà été observés chez d'autres Décapodes ([2]). Chez *Leander serratus*, les chromatophores sont soumis à d'importantes variations numériques : ils peuvent augmenter de 100 % dans certains cas (petits chromatophores jaune-rouge par adaptation à un fond noir); il en résulte que la topographie chromatique est profondément modifiée. Les trois ensembles pigmentaires ne réagissent pas de la même façon; de plus, un même pigment se comporte différemment selon l'ensemble dans lequel il est intégré : le pigment rouge des raies est plus stable que le pigment rouge du fond et le jaune plus stable que le rouge dans tous les cas. Ces résultats soulignent et confirment les différences observables dans les changements de couleur physiologiques entre des systèmes chromatiques possédant les mêmes pigments, mais placés sous contrôle hormonal différent (la concentration des petits chromatophore rouges est obtenue par injection d'extraits de la glande du sinus, celle des grands chromatophores rouges, par injection d'extraits des organes post commissuraux) ([3]). L'apparition de nouveaux chromatophores blancs (sur fond blanc), n'est pas liée à une augmentation de pigment blanc dans les chromatophores préexistants mais au contraire à sa diminution.

Les deux conditions imposées par la notion de changement de couleur morphologique sont exactement remplies : modification du nombre relatif des différentes catégories de chromatophores et modification de la quantité

de pigment contenue dans chaque chromatophore. Cependant, ces deux phénomènes sont dissociables : ils peuvent se produire, soit dans le même sens, soit en sens contraire (augmentation du nombre des chromatophores et diminution de la quantité du pigment de cette même couleur), selon la qualité du pigment considéré.

(1) *Am. Nat.*, 76, 1942, p. 332.
(2) C. Chassard, *Comptes rendus*, 245, 1957, p. 2406.
(3) F. G. W. Knowles, *Endeavour*, 14, 1955, p. 95.

(*Station Biologique de Roscoff*
et *Laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Paris*.)

BIOLOGIE. — *Restauration hématopoïétique de souris irradiées par greffe de moelle osseuse allogénique de plusieurs donneurs de diverses lignées* [1]. Note de MM. **Georges Mathé**, **Jean-Louis Amiel** [2], **Michio Matsukura** [3] et Mme **Anne-Marie Méry** [4], présentée par M. Robert Debré.

La restauration de souris irradiées à dose létale peut être assurée par un mélange de cellules hématopoïétiques de plusieurs donneurs de diverses lignées. La fréquence des syndromes secondaires est faible. L'étude, par des greffes de peau, de la tolérance immunitaire liée au chimérisme démontre la sélection des greffons hématopoïétiques génétiquement les plus proches des receveurs.

Dans un précédent travail [5], nous avons observé que la conservation d'un greffon hématopoïétique pendant 2 h à 37° réduit la fréquence du syndrome secondaire qu'il induit chez des receveurs allogéniques irradiés [6]. Cette conservation entraînant la perméabilité à l'éosine de 50 % des cellules, pour obtenir la même restauration myéloïde qu'avec n cellules hématopoïétiques non conservées, il faut injecter $2n$ cellules conservées dont n ne prennent pas l'éosine [5].

Chez la Souris, les résultats optimaux avec des cellules médullaires allogéniques non conservées sont obtenus, pour la restauration myéloïde immédiate, par un greffon de 10^7 cellules [7]. Chez l'Homme, se procurer le nombre correspondant de cellules à partir de la moelle osseuse d'un seul donneur est à la limite des possibilités techniques [8]; en extraire le double est impossible. Aussi est-il tentant de s'adresser à un mélange de plusieurs donneurs. Le but du présent travail est d'étudier dans quelle mesure un mélange de cellules de différentes constitutions génétiques est capable de restaurer des animaux irradiés *in toto*, à dose létale.

Matériel et méthodes. — 170 souris (CBA × C 57 Br) [H 2^k/H 2^k] ont été irradiées *in toto* à 950 rad (200 kV; 12 mA; 50 cm de distance; 0,5 Al, 0,5Cu). 95 (groupe 1) ont reçu, 24 h après l'irradiation, 2.10^7 cellules médullaires provenant, en parties égales, de souris des quatre lignées suivantes : C 3 H [H 2^k]; AkR [H 2^k]; DBA/2 [H 2^d]; C 57 Bl/6 [H 2^b]. 75 (groupe 2) ont reçu seulement 10*r* cellules de ce mélange. La mortalité des animaux ainsi traités est comparée à celle des 42 souris témoins seulement irradiées.

Au 50e jour, les animaux survivants reçoivent un greffon de peau isogénique et quatre allogéniques : un de chacune des lignées donneuses (C 3 H, AkR, DBA/2, C 57 Bl/6, ceci en vue d'éprouver la tolérance liée au chimérisme.

Résultats. — 1° La restauration myéloïde précoce, par le mélange de cellules médullaires de donneurs allogéniques des diverses lignées, est jugée sur la survie au 20e jour. Les résultats sont portés au tableau I. Le pourcentage global des survivants au-delà du 20e jour est de 85,9 %.

TABLEAU I.

Groupe.	Nombre d'animaux en expérience.	Survies au-delà du 20e jour.
1..................	95	78
2..................	75	68

2° Pour évaluer la mortalité par syndrome secondaire, il faut distraire des groupes en expérience les animaux morts pendant l'anesthésie nécessitée par les cinq greffes de peau pratiquées au 50e jour de l'évolution (19), et les animaux morts pendant les huit jours de contention plâtrée (22).

Ces morts accidentelles écartées, les résultats résumés au tableau II font ressortir une très faible mortalité par syndrome secondaire : 19,8 % pour l'ensemble des deux groupes.

TABLEAU II.

Groupe.	Nombre d'animaux en expérience.	Morts de syndrome secondaire.
1..................	55	14
2..................	46	6

3° Les greffons de peau ont pu être étudiés jusqu'au 15e jour chez 69 souris, jusqu'au 30e jour chez 48 souris et jusqu'au 50e jour chez 22 souris. Les résultats sont résumés au tableau III. On observe la tolérance des greffons isogéniques et des greffons allogéniques ayant les mêmes gènes aux *loci* H 2 (H 2^k) que les receveurs, et les rejets, presque complets dès le 15e jour et complets au 30e jour, des greffons de peau des lignées ayant des gènes différents aux *loci* H 2; C 57 Bl/6 (H 2^b) et DBA 2 (H 2^d).

TABLEAU III.

Greffons de peau tolérés au	F.	FA.	FAC.	FC.	FABC.	FACD.	A.	AC.	C.
15e jour........	8	16	22	6	3	2	4	2	6
30e jour........	9	9	13	7	0	0	2	2	6
50e jour........	4	6	6	3	0	0	0	0	3

F, F1 (C57 Br × CBA); A, AkR; B, C57 Bl6; C, C3H; D, DBA2.

Discussion. — Des résultats observés, deux notions paraissent se dégager : 1° La restauration myéloïde précoce s'obtient aussi bien en utilisant un mélange de cellules de plusieurs donneurs allogéniques qu'avec un seul donneur allogénique, pour un même nombre de cellules médullaires injectées. Dans une précédente expérience, utilisant comme seul matériel allogénique des cellules médullaires C 57 Bl/6 chez des receveurs F 1 (AkR × C 3H), nous n'avions obtenu que 61,5 % de restauration allogénique dans les groupes recevant 2.10^7 et 10^7 cellules [7]; les deux expériences ne sont pas directement comparables puisque nous utilisons ici, comme receveurs,

des hybrides F 1 (CBA × C 57 Br), probablement plus résistantes aux irradiations; mais le pourcentage de 85,9 % de restauration myéloïde est quasi optimal.

La restauration myéloïde est précoce et rapide; elle doit donc se faire à partir de tous les donneurs dont les cellules sont mélangées dans le greffon injecté. Si certains seulement d'entre eux y participaient, cette restauration, à partir d'un nombre de cellules allogéniques inférieure à 10^7, ne pourrait être optimale (7).

2° Une sélection doit s'opérer secondairement parmi les clones des cellules immunologiquement compétentes dérivant des différents donneurs, et au profit des cellules génétiquement les plus proches de celles du receveur. Deux arguments peuvent être retenus en faveur de cette notion : *a*. le nombre très petit de syndromes secondaires, 19,8 %, alors qu'avec le même nombre de cellules médullaires C 57 Bl/6, chez des hybrides F 1 (AkR × C 3H), nous avons observé 83,3 % de syndromes secondaires (7); *b*. la tolérance spécifique des greffes de peau isogéniques et allogéniques des donneurs ayant les mêmes gènes en H 2 que les receveurs, et le rejet rapide des greffons de peau des donneurs allogéniques dont les *loci* en H 2 ne sont pas occupés par les mêmes gènes que ceux des receveurs.

Il semble donc que cette technique utilisant plusieurs donneurs allogéniques pour un seul receveur, puisse être utilisée dans les essais de greffe de moelle chez l'Homme : elle pourrait avoir plusieurs avantages : assurer un nombre suffisant de cellules myéloïdes pour obtenir une restauration rapide; diminuer la gravité du syndrome secondaire, en permettant une conservation du greffon 2 *h* à 37° préalable à son injection, ce qui diminue sa réactivité immunologique (5); et permettre une sélection secondaire du donneur génétiquement le plus proche du receveur.

(1) Travail exécuté grâce à l'aide du Centre d'Études nucléaires de Fontenay-aux-Roses; contrat n° 4.461/r.

(2) J.-L. Amiel, Boursier du Lady Tata Memorial Trust.

(3) M. Matsukura, Boursier du Gouvernement Français (Chirurgien à Tokio).

(4) A.-M. Méry, Attachée de Recherche à l'Institut National d'Hygiène.

(5) G. Mathé, J.-L. Amiel, L. Schwarzenberg et A.M. Mery, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 2863.

(6) G. Mathe et J.-L. Amiel, *La greffe, aspects biologiques et cliniques*, Masson, Paris, 1962.

(7) J.-L. Amiel, R. Tenenbaum, A.-M. Mery, M. Matsukura et G. Mathé, *Rev. Franç. Et. Clin. Biol.*, 7, 1962 (sous presse).

(8) G. Mathé, L. Schwarzenberg et M.-J. Larrieu, *Sang*, 7, 1959, p. 784.

(Centre de Recherches cancérologiques et radiopathologiques de l'Association Claude-Bernard, Hôpital Saint-Louis, Paris.)

BIOPHYSIQUE. — *Détermination de la thermorésistance d'un bactériophage actif sur* Sphærophorus varius. Note (*) de MM. **Ewald Edlinger** et **Maurice Huet**, présentée par M. Pierre Lépine.

La technique particulière d'étude des bactériophages anaérobies a rendu possible la détermination de la thermorésistance de l'un d'eux, le phage 272, actif sur *Sphærophorus varius*. Les valeurs trouvées à l'énergie d'inactivation sont du même ordre que celles attribuées aux bactériophages des bactéries anaérobies. L'état d'anaérobiose de la cellule hôte n'influence pas la thermosensibilité du bactériophage.

Le perfectionnement apporté par l'un de nous ([1]) aux techniques d'isolement et d'étude des bactériophages des bactéries anaérobies, nous a permis d'entreprendre aisément la détermination de la thermorésistance de l'un d'eux. Ceci nous a semblé mériter d'être rapporté, car de tels essais n'ont jamais été faits dans le domaine des anaérobies, sans préjuger de l'utilité de la connaissance de ce paramètre pour l'étude ultérieure complète de ce bactériophage.

Nous avons travaillé avec le phage 277 actif sur une souche de *Sphærophorus varius*. Tous les titrages ont été faits par la méthode de double couche de Gratia-Delbruck [Adams ([2])] et l'anaérobiose réalisée par la méthode préconisée par Mossel ([3]).

Les suspensions phagiques à dilutions convenables ont été immergées dans un bain-marie aux températures indiquées et des échantillons ont été prélevés à différents intervalles de temps pour être immédiatement répartis dans un milieu gélosé et titré. Les résultats sont présentés sur la figure 1. Ils fournissent les constantes d'inactivation (K) suivantes :

$$K(62^\circ C) = 0{,}038 \text{ par minute,}$$
$$K(65^\circ C) = 0{,}088 \quad \text{»}$$
$$K(70^\circ C) = 0{,}421 \quad \text{»}$$

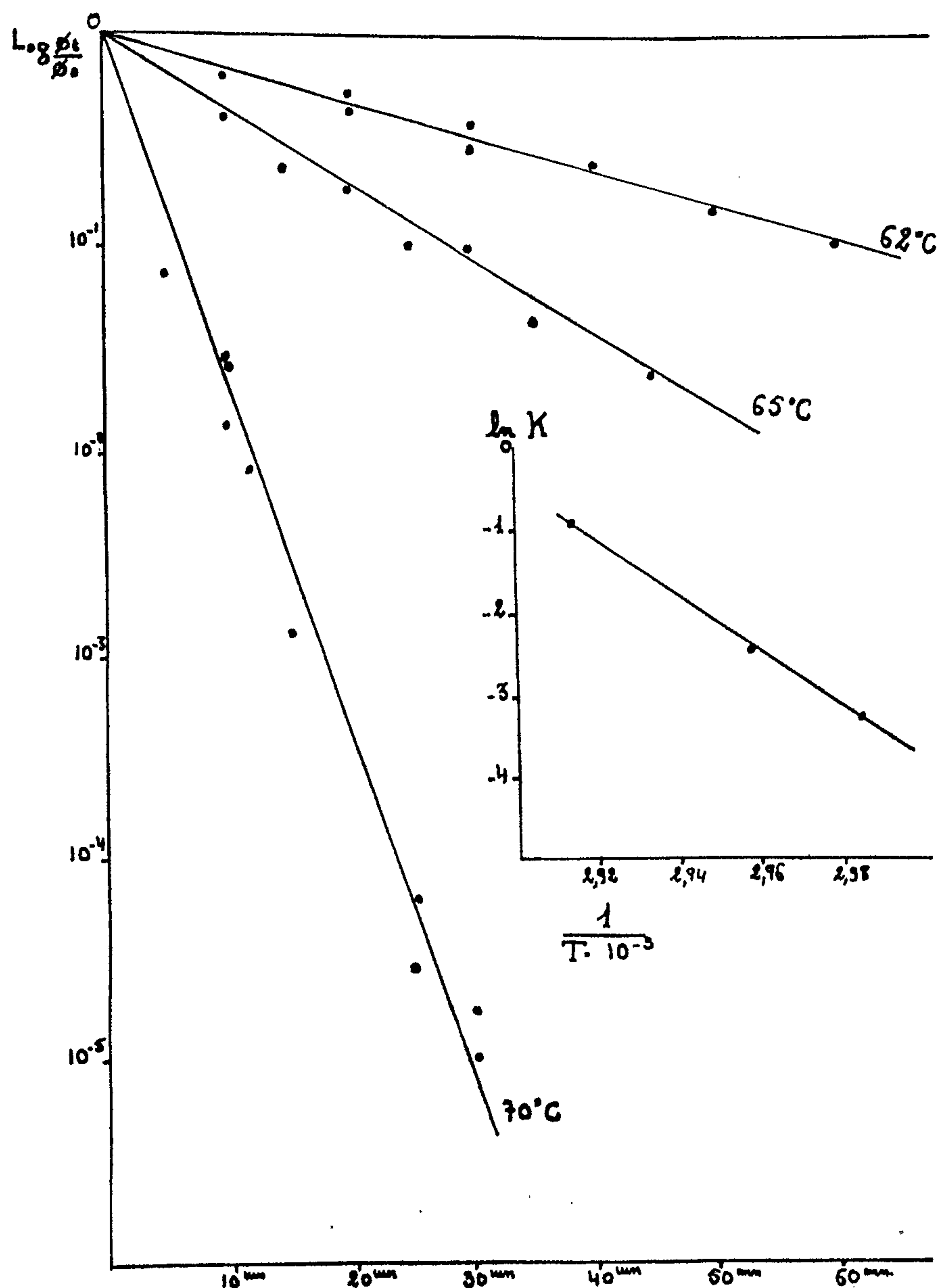
Le Q_{10} de cette réaction d'inactivation est de 19. L'énergie d'inactivation se calcule selon l'équation d'Arrhénius :

$$E = \frac{(\log K_1 - \log K_2) \,.\, 2{,}3\, R}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}},$$

ce qui donne dans ce cas 68 000 cal/mol.

Cette valeur est sensiblement du même ordre que celles trouvées chez les bactériophages des bactéries aérobies ([4]) (par exemple 77 000 pour le phage T 7) ou chez des virus des plantes ([5]) (55 300 pour la mosaïque du tabac).

L'état anaérobie des cellules hôtes ne semble pas avoir d'influence sur la thermosensibilité du bactériophage.



Dans le grand graphique en abscisses le temps en minutes et en ordonnées la fraction des phages survivants après chauffage aux températures indiquées.
Dans le petit graphique, les logarithmes naturels des constantes d'inactivation (K) sont rapportés aux réciproques de la température absolue.

(*) Séance du 5 décembre 1962.
(1) M. Huet, *Comptes rendus*, 256, 1963, (à paraître).
(2) M. H. Adams, *Bactériophages*, Interscience Publ., New York, 1959.
(3) D. A. A. Mossel, G. W. M. von Goldstein-Brouwers et A. S. de Bruin, *J. Path. Bact.*, 78, 1959, p. 290.
(4) M. H. Adams, *J. gen. Physiol.*, 32, 1949, p. 579.
(5) W. C. Price, *Arch. ges. Virusforsch.*, 1, 1940, p. 373.

(*Institut Pasteur, Tunis.*)

RADIOBIOLOGIE. — *Reconstitution d'une basale de type capsulaire au contact de cellules épithéliales saines dans la cataracte sénile. Étude au microscope Électronique.* Note (*) de MM. **Alfred Brini**, **Aimé Porte** et **Marie-Elisabeth Stoeckel**, présentée par M. Robert Courrier.

L'apparition, à distance de la cristalloïde, d'une couche homogène de type capsulaire au contact de cellules épithéliales, observée dans diverses formes de cataracte [(2), (3), (4)] a été interprétée soit comme un clivage de la capsule (2), soit comme une néoformation capsulaire au contact des cellules épithéliales saines [(3), (4)]. Elle a pu également être démontrée *in vitro* (1). Nous avons observé au microscope électronique de telles images de néoformation capsulaire dans des cataractes corticales mûres.

Nos observations portent sur les couches superficielles de cristallins humains, prélevées dès l'extraction, fixées au Palade et incluses au méthacrylate. La capsule, dans les cas étudiés, homogène et dense, parfois très amincie, ne montre pas d'autres modifications appréciables. Les lésions épithéliales affectent des cellules isolées, ou plusieurs cellules voisines. Entre les zones saines et la partie dégénérée de l'épithélium, on observe alors une basale épaisse en continuité avec la capsule et enveloppant le foyer de nécrose (où se font généralement des dépôts calciques) (*fig.* 1). Cette basale apparaît sur les coupes semifines comme une fine couche PAS positive (*fig.* 2). Elle représente manifestement une ébauche de capsule au contact de la surface épithéliale qui s'est reformée sous la nécrose. Cette capsule néoformée peut s'épaissir et se fondre avec la capsule principale, d'où certains aspects de hernies capsulaires renfermant le plus souvent quelques débris nécrotiques et tapissées par un épithélium normal (*fig.* 5, 6 et 7). Ces débris nécrotiques s'effacent progressivement dans le matériel capsulaire. Lorsque le processus nécrotique s'étend en profondeur, l'enchaînement des phénomènes de nécrose et de régénération se traduit par un aspect de basales en réseau dont les mailles enferment des magmas nécrotiques parsemés de dépôts calciques (*fig.* 3 et 4). Une basale reliée par ce réseau à la capsule isole les cellules épithéliales saines des couches nécrotiques (*fig.* 4). Elle apparaît seulement au contact de la surface épithéliale en regard de la capsule (*fig.* 8).

Discussion. — 1° Les descriptions anciennes de néoformations de type capsulaire correspondent bien à la reconstitution d'une basale capsulaire, liée à la régénération épithéliale et à l'élimination des débris nécrotiques.

2° L'absence de tout espace conjonctif montre que l'élaboration de cette basale est une fonction essentiellement épithéliale. La cellule épithéliale saine s'isole ainsi du milieu externe représenté par les produits de nécrose et l'épithélium se reforme sous une basale protectrice spécifique réglant ses échanges.

EXPLICATION DES FIGURES.

Fig. 1. — Formation d'une basale épaisse reliée à la capsule, entre l'épithélium sain (*à droite*) et la nécrose (*à gauche*).

Fig. 2. — Même phénomène que sur la figure 1, observé sur la coupe semi-fine colorée au PAS.

Fig. 3 et 4. — Néoformation d'une basale en réseau par suite de nécrose et de régénération successives.

Fig. 5, 6 et 7. — Évolution du phénomène : confluence de la basale néoformée avec la capsule; élimination progressive des débris nécrotiques.

Fig. 8. — Absence de basale entre épithélium et élément nécrosé sous-jacent.

3° La basale néoformée n'apparaissant qu'au contact de la membrane plasmique en regard de la capsule, est toujours reliée à la capsule principale. La formation de cette basale et celle de la capsule dépendent de la même fonction polarisée de l'épithélium.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) A. BAKKER, *Graefe's Archiv Ophthal.*, 136, 1937, p. 333-340.

(2) O. BECKER, *Zur Anatomie der gesunden und kranken Linse*, Bergmann, Wiesbaden, 1883, p. 76.

(3) O. SCHIRMER, *Graefe's Archiv Ophthal.*, 35, n° 1, 1889, p. 220-270.

(4) A. WAGENMANN, *Graefe's Archiv Ophthal.*, 35, n° 1, 1889, p. 172-179.

(*Clinique Ophtalmologique et Institut d'Anatomie Pathologique, Faculté de Médecine, Strasbourg.*)

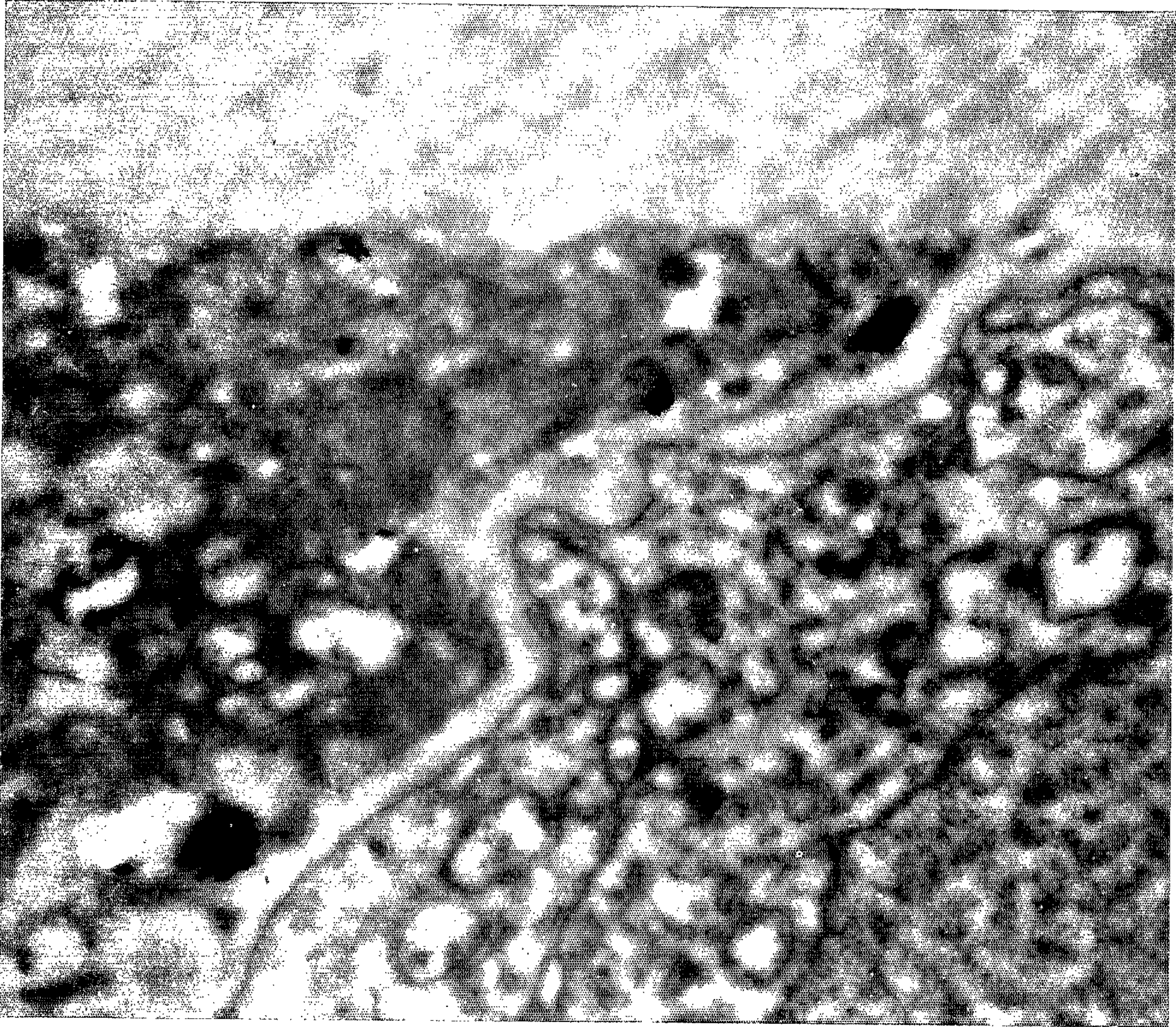


Fig. 1.

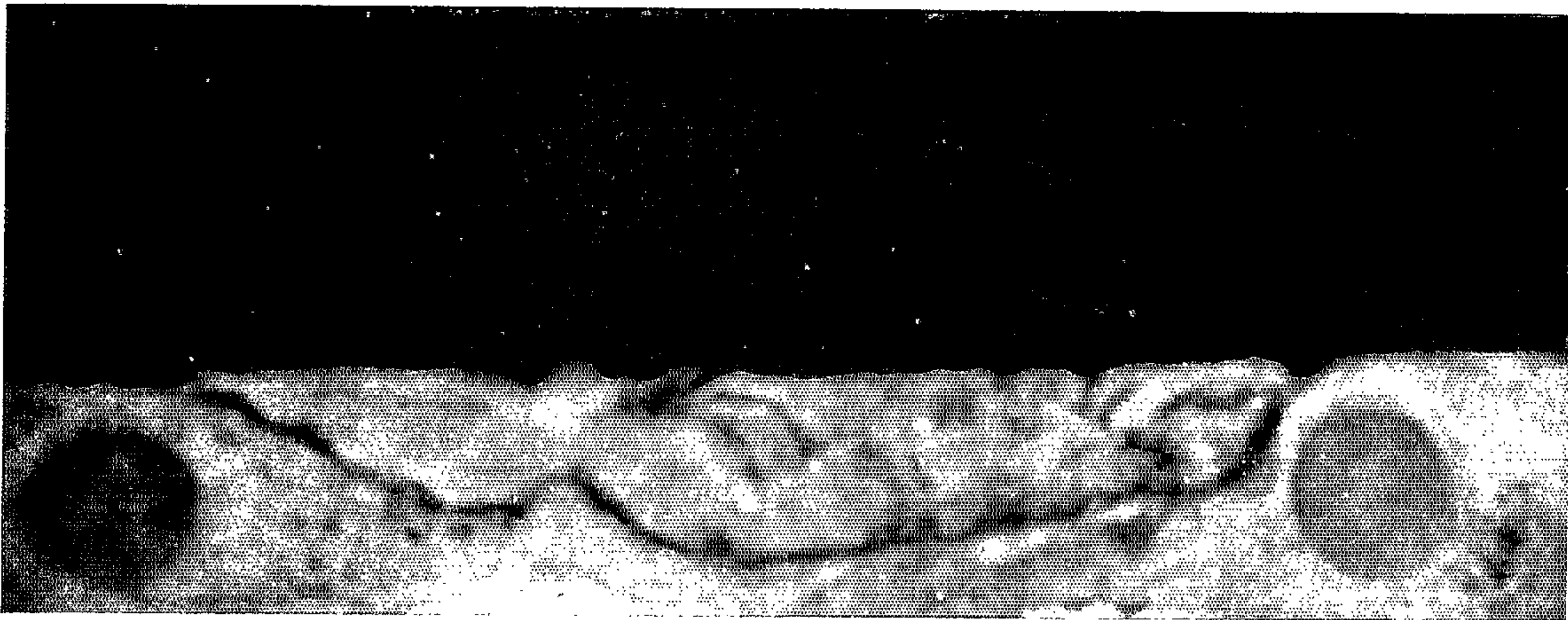


Fig. 2.

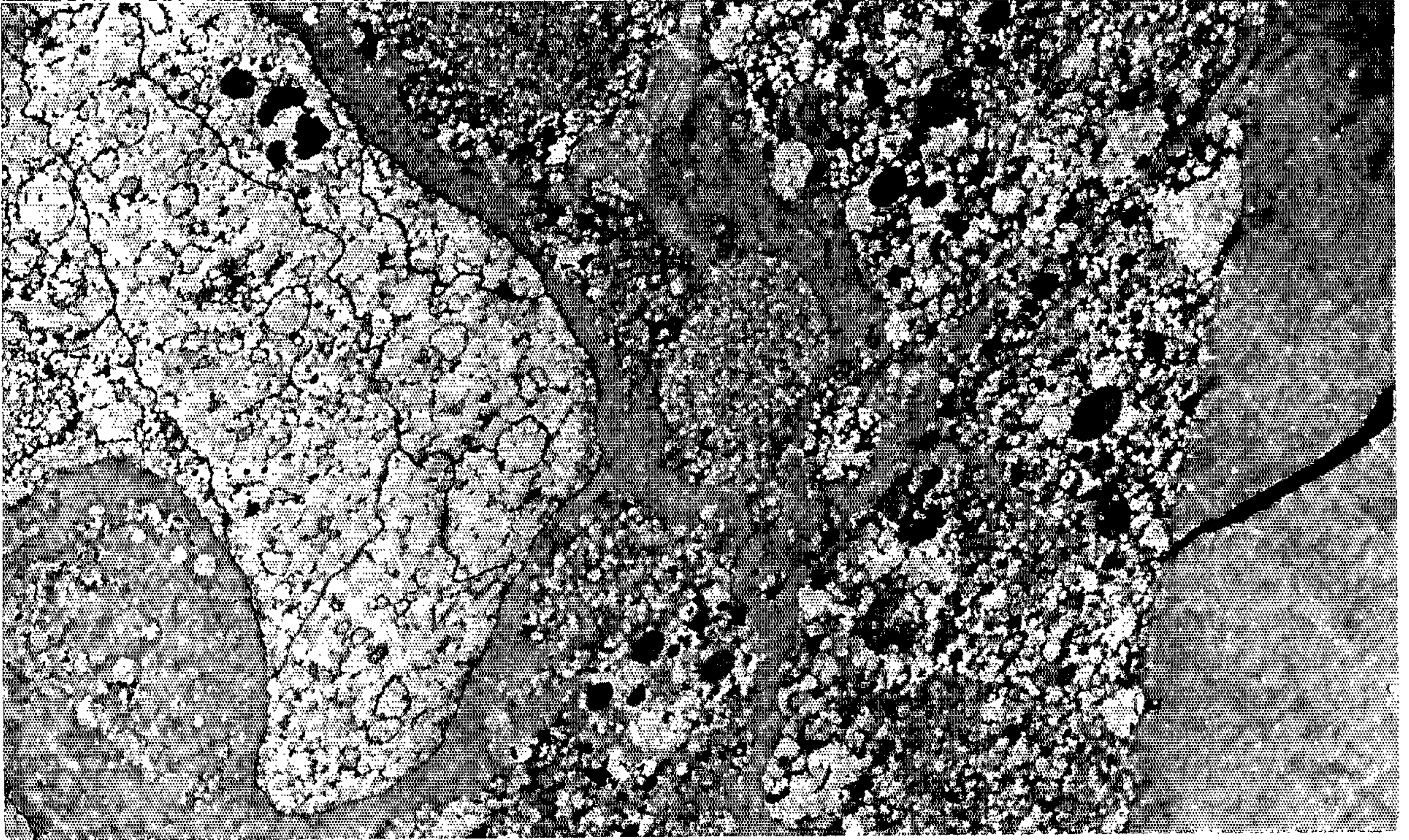


Fig. 3.

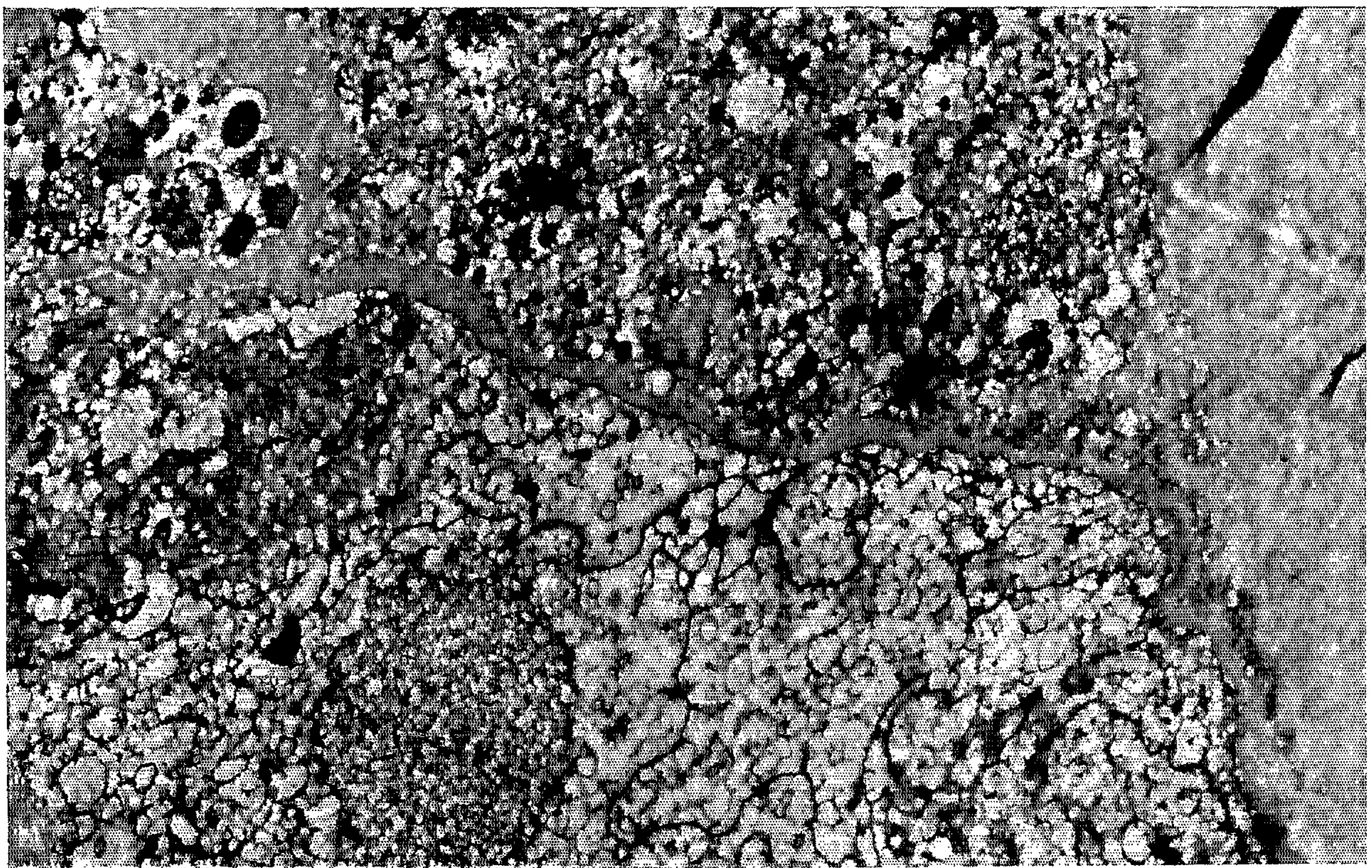


Fig. 4.


Fig. 5.


Fig. 6.

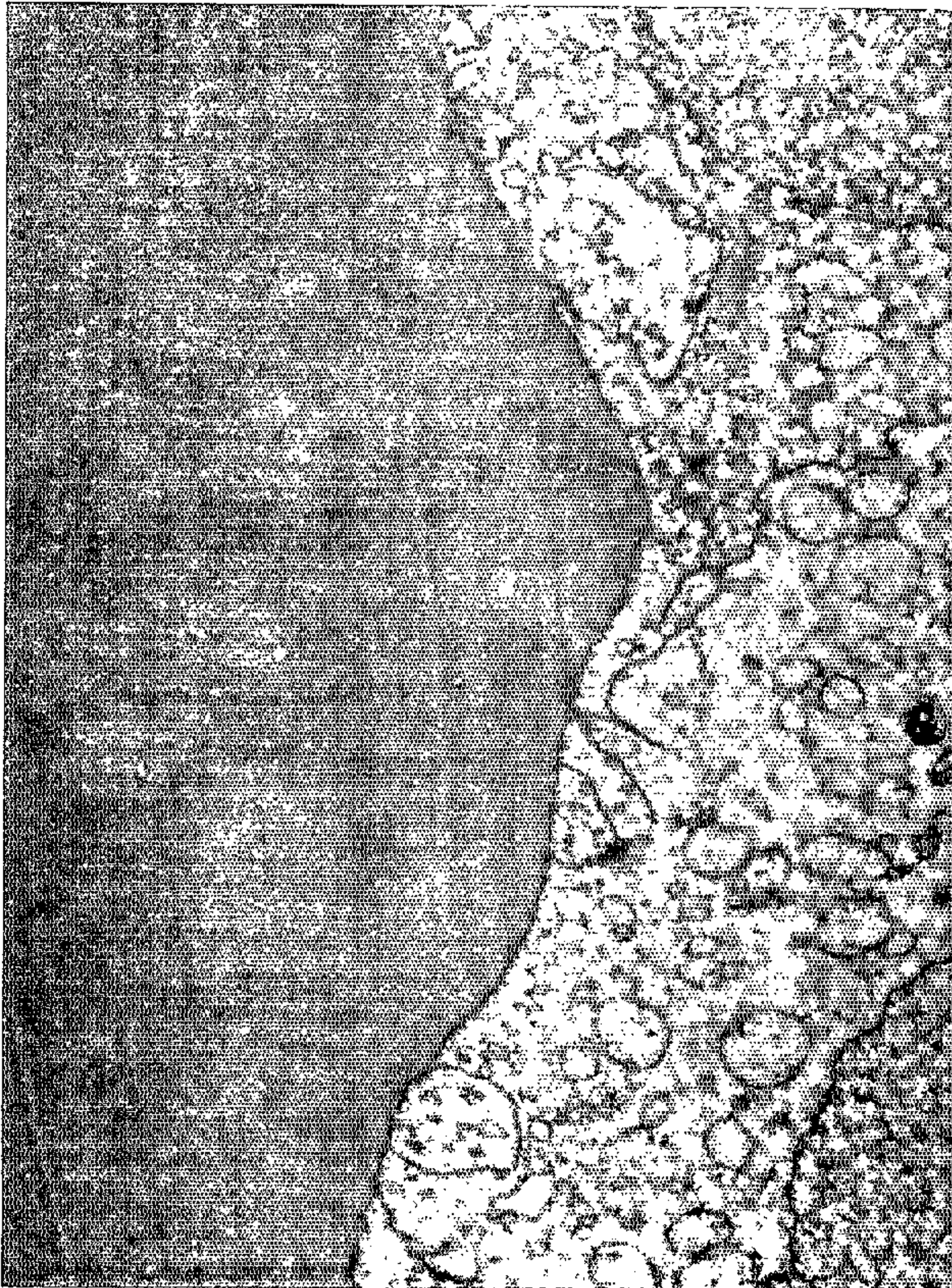

Fig. 7.


Fig. 8.

BIOSPÉOLOGIE. — *Différences écologiques entre les populations d'Asellides cavernicoles*. Note (*) de M. **André Chodorowski**, transmise par M. Albert Vandel.

Il existe une grande hétérogénéité dans le comportement des Asellides cavernicoles, surtout en ce qui concerne le repos, l'activité, et le rassemblement. Chaque espèce exige un type différent de substratum pour y aménager son milieu de repos. Cependant, on n'observe que de faibles nuances dans le choix de la nourriture et, seul le comportement alimentaire varie chez les différentes espèces.

Nous avons examiné les différences écologiques entre quatre populations d'Asellides cavernicoles, élevées dans le laboratoire souterrain de Moulis.

Stenasellus virei est connue de nombreuses stations des Pyrénées centrales et du Quercy. Les exemplaires étudiés proviennent de la grotte de Lestelas (Ariège). *S. virei* habite dans la plupart des cas (65 % des stations examinées) dans les flaques d'eau à fond limoneux, où cette espèce peut être très abondante (jusqu'à 50 exemplaires au mètre carré), surtout lorsqu'il existe des débris végétaux. Elle est plus rare dans les ruisseaux souterrains (35 % des stations examinées) à courant très faible et à fond limoneux. Dans le limon, on observe de nombreux terriers creusés par *S. virei*. Parfois ce Crustacé utilise les galeries de l'Oligochète, *Pelodrilus leruthi*. Ses ennemis naturels sont représentés par deux ou trois espèces de *Niphargus*, et des Planaires, qui sont surtout redoutables pendant la période de mue ou lorsque les Asellides sont blessés ou malades. Les températures observées sont comprises entre 8,3 et 13,6°C.

Stenasellus buili est connue d'une seule station des Corbières (grotte de la Giraudasso, à Soulatgé, Aude), où elle vit dans un ruisseau à faible courant d'eau, sur un sable pauvre en débris organiques. Nous n'avons observé aucun terrier. Cette espèce est plus grande et plus active que *S. virei*. *S. buili* coexiste avec *Faucheria faucheri*, mais il n'y a pas de compétition entre ces deux espèces; par contre, *Faucheria* peut être gêné par la forte activité de *S. buili*. Nous n'avons trouvé aucun ennemi dans le milieu naturel de cet Asellide. La température est comprise entre 12,0 et 13,1°C.

Asellus speleus est connue des Basses-Pyrénées. Nous l'avons observée dans trois stations :

1° Une petite sortie d'eau temporaire dans la forêt au voisinage de la grotte des Eaux Chaudes (*A. speleus aquæ callidæ*).

2° Grotte d'Oxibar; sur les détritus, au fond d'un gour, en compagnie de *Niphargus*.

3° Ruisseau Souterrain d'Aniharp dans les marmites, sur des détritus et sur du gravier, en présence de *Dendrocœlides coiffaiti*. Elle vit aussi bien dans les eaux courantes que stagnantes, mais de préférence sur les débris végétaux très fins. Sa faible activité et la capacité qu'elle possède

de s'enfouir dans le limon, la protège des *Niphargus* et des *Dendrocœlides* qui peuvent être considérés comme ses ennemis. La température est comprise entre 7,4 et 11,5°C.

Asellus cavaticus est très fréquente dans l'Est de la France, en Allemagne, en Suisse, en Angleterre, en Yougoslavie, et en Belgique. Les exemplaires examinés proviennent de la grotte du Taï dans le Vercors (Drôme), où ils vivent sur le bois pourri, dans un lac, en compagnie de *Niphargus longicaudatus rheno-rhodanensis* et de Planaires. *Niphargus* est son seul véritable ennemi; les Planaires n'attaquent que des exemplaires blessés ou malades. La température est comprise entre 11 et 7°C.

Preferendum du milieu. — Nous avons effectué des observations sur des animaux élevés sur différents substrats disposés dans le même bassin d'élevage. Afin d'éviter l'influence de la nourriture, nous n'avons pas alimenté les Asellides pendant les périodes intensives d'observation. *Stenasellus virei* choisit dans la plupart des cas (78 %) l'argile comme substrat préféré; 18 % des cas seulement se rapportent au gravier et aux pierres; *S. buili* a été observée, au contraire, dans 80 % des cas, sous les pierres. *Asellus spelus* fréquente le plus souvent le limon riche en détritus (50 % des cas) et les pierres (36 % des cas); dans les autres cas (14 %), le sable et l'argile. *Asellus cavaticus* se pose presque exclusivement sur les objets surélevés (97 % des cas), tels que les pierres et les morceaux se bois.

Localisation pendant les périodes de repos. — C'est un phénomène éthologique très important et propre à chaque espèce. *Stenasellus virei* passe ses périodes de repos dans les terriers où elle demeure la plupart du temps. Des individus mis dans des récipients remplis d'argile, aménagent le milieu en creusant des terriers. Ceux-ci sont disposés sur toute la surface de l'argile, mais les orifices se trouvent contre les parois ou sous les objets dispersés à la surface. S'il y a des pierres, les orifices sont moins nombreux, et se trouvent au-dessous. En présence des terriers abandonnés par les autres espèces, *S. virei* creuse moins, et aménage ces terriers en conformité avec ses besoins. En dehors du milieu argileux, elle se cache, de préférence, sous les objets durs, comme les pierres et les morceaux de bois, mais elle peut rester également au repos n'importe où, encore que sa tendance à rechercher le milieu de repos soit assez forte. *Stenasellus buili* cherche son milieu de repos sous les pierres et les morceaux de bois. Privée de ses logettes, elle reste longtemps en activité. Nous avons observé qu'elle utilise des terriers creusés par d'autres espèces, mais elle n'y pénètre jamais profondément. Un second orifice est percé, qui fait communiquer la galerie préexistante avec l'extérieur; la galerie aménagée est très courte et peu profonde; elle sert à remplacer la logette creusée habituellement au-dessous des pierres. Dans des cas exceptionnels, certains exemplaires peuvent creuser des terriers, où ils restent longtemps cachés. *Asellus speleus* se repose, soit sur les pierres, soit à la surface du limon, où il se nourrit. Sur

le substrat argileux, il peut s'enfouir, en faisant une excavation peu profonde, remplie d'argile très fine. *A. speleus* ne creuse pas de terriers, et l'utilisation des galeries n'a jamais été observée. La tendance à rechercher le milieu de repos est faible; l'espèce peut rester inactive n'importe où. *A. cavaticus* ne reste immobile, dans les eaux stagnantes, qu'à la surface supérieure des pierres et des morceaux de bois. La tendance à rechercher ce milieu est très forte; l'animal, placé dans n'importe quel endroit du bassin, revient au milieu de repos dans un délai très court. Nous n'avons jamais observé le creusement de terriers, bien que l'animal soit capable de s'enfouir dans le limon comme *A. speleus*. La mortalité dans les populations privées d'objets surélevés augmente considérablement.

Rassemblement. — La tendance à l'accumulation est en général très faible chez les Asellides; dans la plupart des cas, il s'agit d'accumulation imposée par les conditions du milieu, surtout par l'insuffisance des logettes et de nourriture. Nous avons observé le rassemblement au repos chez *Stenasellus buili* au-dessous d'une pierre, malgré la présence d'autres cachettes du même caractère. En ce qui concerne les rassemblements pendant l'alimentation, les mêmes morceaux de bois peuvent attirer de nombreux exemplaires d'Asellides, mais nous n'avons jamais constaté aucune coordination dans la recherche de la nourriture. Cependant, dans le cas de *Stenasellus buili*, la pénétration à l'intérieur du susbtrat s'effectue toujours séparément.

Alimentation. — Nous n'avons pas observé de différences importantes dans le choix de la nourriture chez les Asellides. Toutes les espèces examinées se nourrisesnt de bois pourri et d'autres débris végétaux. Il existe pourtant des différences de comportement, surtout en ce qui concerne l'activité et la durée de la période d'alimentation. *Stenasellus virei* se nourrit de bois, mais il est attiré également par les autres débris. N'étant pas très actif dans la recherche de la nourriture, il se déplace lentement d'un objet à l'autre. La période d'activité en dehors des logettes est assez courte, et *S. virei* passe la plupart de son temps dans les terriers. *S. buili* utilise à peu près la même nourriture que *S. virei*, mais elle est beaucoup plus active, et la période de prospection est nettement plus longue. *A. speleus* demeure constamment au voisinage du limon mélangé à des débris végétaux très fins qui composent sa nourriture. Elle est très peu active pendant la prise de nourriture .*A. cavaticus* se nourrit de bois pourri qu'elle cherche à la surface des morceaux de bois placés en des endroits très élevés, et ce besoin est tellement fort que les exemplaires parvenus par hasard sur d'autres objets s'efforcent de ne pas en descendre, même pour se nourrir.

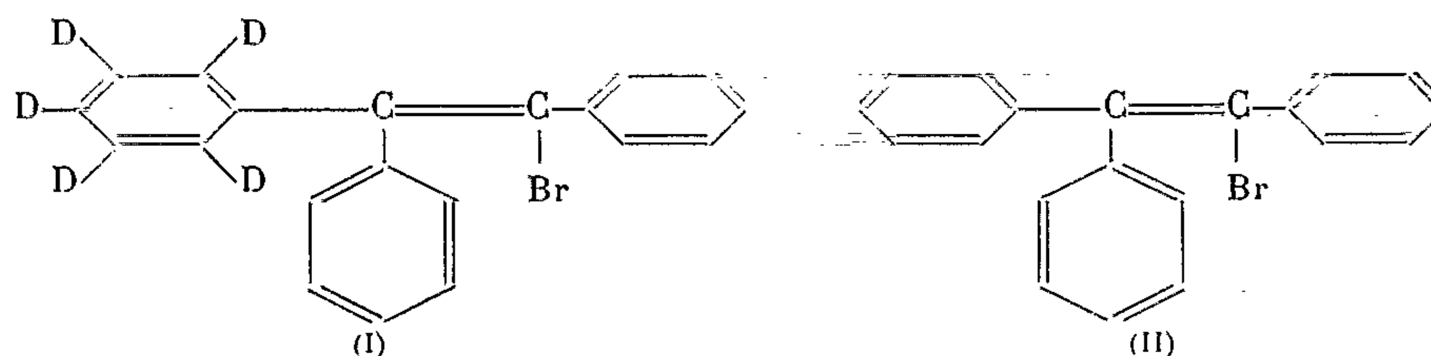
(*) Séance du 5 décembre 1962.

(*Laboratoire Souterrain du C. N. R. S., Moulis, Ariège.*)

BIOCHIMIE. — *Différence d'activité œstrogène entre l'α-bromotriphényléthylène et un de ses analogues décadeutérié.* Note (*) de
MM. **Nguyen P. Buu-Hoï**, **Nguyen D. Xuong**, **André Beauvilain** et **Nguyen V. Bac**, présentée par M. Antoine Lacassagne.

Un analogue fortement deutérié de l'α-bromotriphényléthylène, l'α-bromo-α-phényl-β, β-di-(pentadeutériophényl) éthylène, a été synthétisé, et son pouvoir œstrogène comparé à celui de la molécule normale, laquelle se montre nettement plus active que son analogue deutérié.

On sait que, très souvent, les propriétés biologiques des molécules organiques fortement deutériées diffèrent notablement, sinon qualitativement, du moins quantitativement, de celles des molécules non deutériées correspondantes. De telles différences ont été détectées notamment dans le cas du pouvoir œstrogène ([1]), et dans celui des propriétés olfactives ([2]). Par exemple, nous avons pu montrer avec certitude que l'activité œstrogène chez la Ratte castrée de l'α-bromo-α, β-diphényl-β-pentadeutériophényléthylène (I), est nettement plus faible que celle de l'α-bromotriphényléthylène (II) lui-même ([3]).

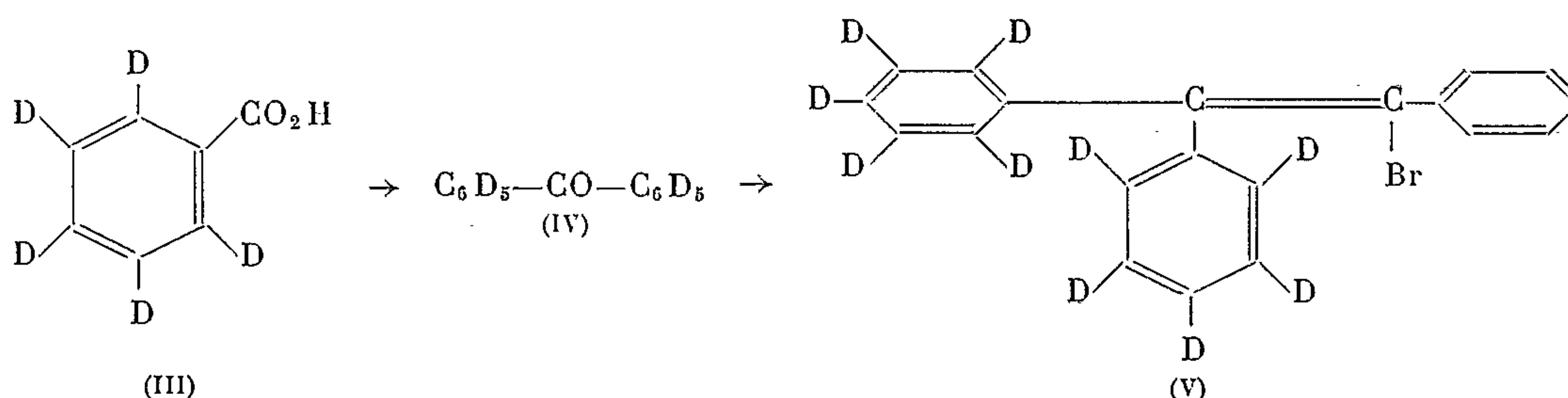


(I) (II)

La poursuite de ces recherches qui ne sont pas sans intérêt pratique du point de vue de la pharmacodynamie, nous a conduits à synthétiser un composé encore plus fortement deutérié que le composé (I), et à en déterminer l'activité œstrogène, l'α-bromotriphényléthylène (II) servant de substance œstrogène de référence.

1. *Synthèse.* — Nous partons de l'acétophénone pentadeutériée sur le noyau, et que nous avions déjà décrite ([4]); cette cétone, oxydée par l'hypobromite de sodium, dans les conditions expérimentales habituelles, nous a fourni l'*acide pentadeutériobenzoïque* (III), qui cristallise de l'eau sous forme de belles aiguilles incolores, F 122° (bloc Maquenne) ($C_7HD_5O_2$, calculé %, C 66,1; eau 46,5; trouvé %, C 66,0; eau 46,8). Cet acide (13 g) traité par le chlorure de thionyle pur (25 g) au sein du benzène anhydre (50 ml; chauffage du mélange au reflux pendant 3 h), fournit, après rectification, le *chlorure de pentadeutériobenzoyle* (12,5 g), liquide incolore,

bouillant vers 193° (C_7D_5OCl, calculé %, C 57,7; D_2O 68,7; trouvé %, C 57,5; D_2O 68,5). Ce chlorure d'acide (12 g), traité par l'hexadeutériobenzène (8 g) en solution dans le sulfure de carbone (100 ml) en présence de chlorure d'aluminium (13,5 g; la réaction est peu vive, aussi doit-on laisser le mélange à température ordinaire pendant 5 jours, et terminer la réaction par 1 h de chauffage au reflux), fournit la *décadeutériobenzophénone* (IV), solide restant facilement en surfusion, E_{20} 169-170°, n_D^{25} 1,6156 (Rdt 12 g). Cette cétone, traitée en milieu éthéré par du chlorure de benzylmagnésium, donne le carbinol correspondant qu'on déshydrate par l'acide formique pur en *α-phényl-β, β-di (pentadeutériophényl) éthylène*; cet hydrocarbure (1,33 g), traité par du brome (0,8 g) en solution chloroformique, fournit l'*α-bromo-α-phényl-β, β-di (pentadeutériophényl) éthylène* (V), cristallisant de l'éthanol en fines aiguilles incolores (0,9 g), F 115-116° ($C_{20}H_5D_{10}Br$, calculé %, C 69,5; eau 42,0; trouvé %, C 69,4; eau 41,8).



2. *Détermination des pouvoirs œstrogènes comparés de (II) et de (V).* — On opère sur des rattes castrées reconnues peu sensibles vis-à-vis de (II), la zone d'activité étant de 50 à 100 mcg; la méthode utilisée est celle d'Allen-Doisy, que nous pratiquons selon une technique déjà décrite ([3]), et les produits ont été administrés à des séries de 26 animaux par voie sous-cutanée. La différence entre les poids moléculaires de (II) et de (V) étant très faible, les deux substances ont été comparées à poids égaux, cette comparaison portant sur deux paramètres : le *pourcentage des animaux en œstrus*, et la *durée des œstrus incomplets et des œstrus francs* ([3]). Les frottis vaginaux ont été faits à 0, 24, 42, 48, 66, 72, 90 et 96 h après l'injection. Les résultats ont été les suivants : à la dose de 150 mcg par animal, le composé (II) donne 80 % d'œstrus, alors que son analogue décadeutérié (V) ne donne que 60 % d'œstrus; en ce qui concerne la durée d'action, que nous avons estimée par les sommes des différents frottis positifs, nous avons trouvé qu'aux doses de 150 mcg également, les résultats sont :

composé (II) : 18 % d'œstrus incomplets et 41 % d'œstrus sur 180 frottis examinés;

composé (V) : 11 % d'œstrus incomplets et 35 % d'œstrus sur 175 frottis.

Il se confirme ainsi une fois de plus que la deutération de l'α-bromotriphényléthylène réduit l'activité œstrogène, le composé décadeutérié (V) montrant une action à la fois moins intense et moins durable que dans le cas du composé (II). Comme dans le cas du composé (I), cette différence s'expliquerait, soit par des facteurs stériques, soit par la présence d'un effet isotopique dans la métabolisation de la molécule (V), par exemple dans la *p*-hydroxylation.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) A. Lacassagne, N. P. Buu-Hoï, A. Chamorro et N. D. Xuong, *Comptes rendus*, 231, 1950, p. 1384.

(2) N. P. Buu-Hoï et N. D. Xuong, *C. R. 2e Congrès international des Nations Unies sur l'utilisation pacifique de l'Énergie atomique* (Genève), 25, 1958, p. 223; N. P. Buu-Hoï, N. D. Xuong et N. V. Bac, *Bull. Soc. chim.*, 1960, p. 1586.

(3) N. P. Buu-Hoï, N. D. Xuong et A. Beauvillain, *Experientia*, 15, 1959, p. 392.

(4) N. P. Buu-Hoï et N. D. Xuong, *Comptes rendus*, 247, 1958, p. 654.

(*Institut de Chimie des Substances naturelles du C. N. R. S., Gif-sur-Yvette, Seine-et-Oise* et *Office de l'Énergie atomique du Vietnam, Saigon.*)

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Recherches sur la structure des glycoprotéides. Identification chromatographique de la* N-*acétyllactosamine dans les hydrolysats de divers glycoprotéides. Hypothèse de l'existence d'un schéma général de structure des glycoprotéides.* Note (*) de M. **Jean Montreuil**, M[lles] **Geneviève Spik** et **Arlette Chosson** (1), présentée par M. Maurice Lemoigne.

Les auteurs ont identifié la N-acéthyllactosamine parmi les produits de l'hydrolyse acide partielle de glycoprotéides ou de mélanges de glycoprotéides. En outre, dans tous les cas, le fucose (quand il est présent) et le galactose sont libérés dès le début de l'hydrolyse. Ces résultats, s'ajoutant à ceux de plusieurs auteurs, sont en faveur d'un schéma général de structure commun à la plupart des glycoprotéides, dans lequel l'acide sialique et le fucose occuperaient la position la plus « externe », suivis du galactose et d'une partie des osamines; le reste des osamines et le mannose constituant la fraction « interne » plus stable de la molécule.

L'identification de la N-acétyllactosamine (4-O-βD-galactopyrannosyl-N-acétyl-D-glucosamine) parmi les produits de l'hydrolyse partielle de l'ovomucoïde (2) nous a incités à la rechercher systématiquement dans les glycoprotéides les plus divers. Nous pensions, en effet, que ce diholoside devait être largement répandu dans les molécules de mucoïdes, car notre observation venait à la suite de celles de plusieurs auteurs qui l'avaient antérieurement caractérisé dans les hydrolysats partiels de différents glycoprotéides : substances spécifiques de groupes sanguins [(3), (4), (5)], mucine gastrique du Porc [(6), (7)], orosomucoïde (8), fétuine (9). En outre, la N-acétyllactosamine est le chaînon constitutif de l'acide kératosulfurique, qu'on peut, en effet, considérer comme un polymère de la sulfo-N-acétyllactosamine (10). Enfin, l'isolement d'un nucléotide de transfert de la neuraminyl-N-acétyllactosamine (11) confirme l'importance de ce diholoside dans la synthèse des mucopolyosides.

Nous avons appliqué le procédé de libération préférentielle de la lactosamine par l'acide sulfurique 0,1 N (2) aux glycoprotéides ou mélanges de glycoprotéides suivants : uromucoïdes et séromucoïdes totaux de l'Homme, du Bœuf, du Cheval, du Porc, du Mouton et du Veau; lactomucoïdes totaux du lait de Femme et du lait de Vache; orosomucoïde; sidérophiline; γ-globulines humaines et bovines; lactosidérophiline; gynolactomucoïde I; ovomucoïde.

Notre mode opératoire a été le suivant :

100 à 250 mg de glycoprotéides sont hydrolysés par 5 à 12 ml d'acide sulfurique 0,1 N à 100°C pendant 6 h. La solution est dialysée et la fraction dialysable est purifiée sur des colonnes d'échangeurs d'ions (Dowex 50, Duolite A 40). Le liquide effluent, convenablement concentré, est soumis à la chromatographie sur papier Whatman n° 3 MM dans le système-solvant : *n*-butanol/éthanol/eau (10 : 1 : 2) (9) pendant 6 jours. Les glucides sont identifiés à l'aide de témoins latéraux et grâce aux colorations caractéristiques qu'ils donnent avec les réactifs à l'oxalate d'aniline et à la benzidine-acide trichloracétique (12).

Voici les résultats que nous avons obtenus :

1. La N-acétyllactosamine est présente dans les hydrolysats partiels de tous les glycoprotéides que nous avons étudiés.

2. Dans tous les cas, le fucose (quand il existe) et le galactose sont libérés dès le début de l'hydrolyse, le premier à une vitesse plus grande que le second. Dans tous les hydrolysats, le mannose était présent en très faible quantité ou totalement absent.

Ces résultats sont en faveur d'un schéma général de structure commun à de nombreux glycoprotéides dans lesquels la N-acétyllactosamine serait toujours présente. La labilité particulière des acides sialiques (signalée par plusieurs auteurs), du fucose, du galactose et d'une partie des N-acétylosamines permet de placer ces composés en position « externe » par rapport à une fraction plus « interne » et plus résistante de la molécule qui contiendrait le reste des osamines et le mannose. Eylar et Jeanloz [(13), (14)] parviennent à une conclusion identique à propos de l'orosomucoïde, ainsi que nous-mêmes à propos de l'ovomucoïde (2).

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) Avec la collaboration technique de Mlle Nelly Scheppler.

(2) J. MONTREUIL, A. CHOSSON et N. SCHEPPLER, *Comptes rendus*, 255, 1962, p. 3261.

(3) Z. YOSIZAMA, *Tokoku J. Explt. Med.*, 51, 1949, p. 51; 52, 1950, p. 111, 145; 64, 1956, p. 267.

(4) R. KUHN et W. KIRCHENLOHR, *Chem. Ber.*, 87, 1954, p. 560.

(5) R. H. COTE et W. T. J. MORGAN, *Nature*, 178, 1956, p. 1171.

(6) R. M. TOMARELLI, J. B. HASSINEN, R. R. ECKHARDT, R. H. CLARK et F. W. BERNHARD, *Arch. Biochem. Biophys.*, 48, 1954, p. 225.

(7) F. ZILLIKEN, P. N. SMITH, R. M. TOMARELLI et P. GYÖRGY, *Arch. Biochem. Biophys.*, 54, 1954, p. 398.

(8) E. H. EYLAR et R. W. JEANLOZ, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 622.

(9) R. G. SPIRO, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 646.

(10) G. HIRANO, P. HOFFMAN et K. MEYER, *Fed. Proc.*, 19, 1960, p. 146.

(11) G. W. JOURDIAN, F. SHIMIZU et S. ROSEMAN, *Fed. Proc.*, 20, 1961, p. 161.

(12) M. C. GLICK, I. W. CHEN et F. ZILLIKEN, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 981.

(13) E. H. EYLAR et R. W. JEANLOZ, *J. Biol. Chem.*, 237, 1962, p. 1021.

(14) R. W. JEANLOZ, Communication personnelle.

(Laboratoire de Chimie biologique, Faculté des Sciences, 23, rue Gosselet, Lille.)

MICROBIOLOGIE. — *Utilisation de résines artificielles comme source de carbone par deux Bactéries « rétinolytiques »*. Note (*) de M[lle] **Monique Raynaud** et M. **Philippe Daste**, présentée par M. Roger Heim.

Le *Flavobacterium resinovorum* et le *Pseudomonas resinovorans* peuvent utiliser comme source de carbone certaines résines artificielles dérivées de la colophane à la condition qu'elles contiennent suffisamment d'acide abiétique.

Le *Flavobacterium resinovorum*, isolé par l'un de nous d'un sable de forêt de Pins (1), et le *Pseudomonas resinovorans*, dont nous avons obtenu des cultures pures à partir d'une terre de champ de Blé (2), sont les seules Bactéries « rétinolytiques » actuellement décrites. Cet adjectif a été proposé (3) pour souligner l'aptitude de ces microbes à utiliser, comme source de carbone, la fraction fixe de certaines oléorésines naturelles à condition toutefois que cette fraction soit constituée d'acides isomères de l'acide abiétique. Les diagnoses de ces deux espèces ont été établies avec la collaboration de Berthe Delaporte [(4), (5)].

Il nous a paru intéressant de déterminer si ces Bactéries peuvent, ou non, utiliser comme aliment carboné des dérivés artificiels de ces résines ou même des produits entièrement synthétiques [(6), (7)]. Cette Note résume très sommairement les résultats de quatre années de recherches.

Techniques. — Les milieux de culture, dont l'aliment carboné est uniquement constitué par la résine (à l'exclusion de tout facteur de croissance), ont été préparés suivant les protocoles décrits par l'un de nous (3). En voici les principales modalités :

Silico-gel/résine. — Les silico-gels, en boîtes de Pétri, sont imprégnés de la solution de Winogradsky additionnée de KNO_3 et saupoudrés de résine. Ce milieu, stérilisé par exposition à un rayonnement ultraviolet, est ensemencé par stries. Le développement de la culture se décèle par l'apparition d'un mucus jaunâtre qui envahit la surface du gel.

Gélose/résine. — On réalise une suspension de résine en dispersant, dans quatre fois son volume d'eau, une solution alcoolique ou acétonique de résine. Le solvant est ensuite éliminé par distillation sous pression réduite, ce qui permet d'obtenir un hydrosol stable qui a l'aspect d'un lait. On ajoute à cet hydrosol les sels minéraux d'une solution nitratée de Winogradsky. Ce milieu est alors gélosé, stérilisé et réparti en tubes inclinés. La croissance des germes rétinolytiques se manifeste par le développement de zones de lyse tout à fait caractéristiques (*fig.*).

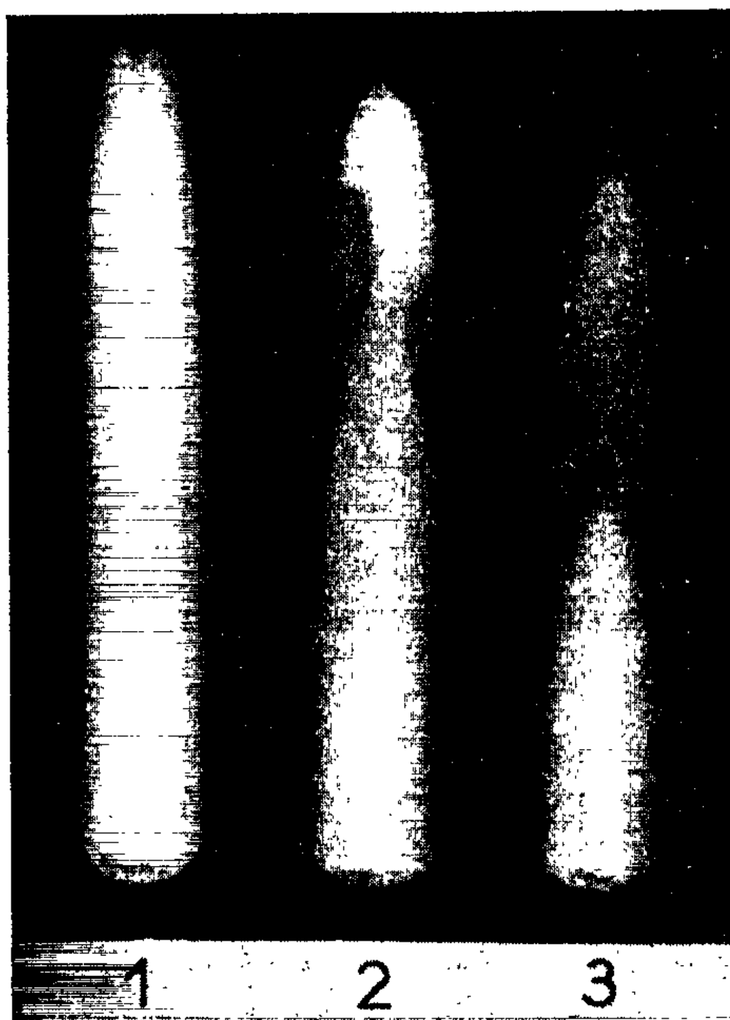
Principaux résultats. — *a. Colophane polymérisée.* — Les deux Bactéries sont capables d'utiliser le dimère de l'acide abiétique. Les cultures sont également très satisfaisantes sur des produits fortement polymérisés; mais nous faisons remarquer que ces résines contiennent encore de 30 à 40 % d'acide dimère qui est peut-être la seule fraction assimilée.

b. Acide dihydroabiétique. — Tous les essais ont été positifs.

c. Résinates métalliques. — Nous avons étendu au *Ps. resinovorans* les observations réalisées sur le *F. resinovorum* (8). Les deux germes ont la possibilité d'utiliser les résinates de calcium et de zinc comme source de

carbone. Fait notable : dans le second cas, la teneur en zinc du milieu atteint 10^{-4} g/ml or aucun phénomène de toxicité ne se manifeste.

d. Esters de la colophane. — Les deux Bactéries ne se sont développées sur aucun des esters de la colophane qui ont été essayés, ceci malgré de nombreuses tentatives pour les accoutumer à ces produits. Certains de ces échecs paraissent explicables : ainsi, le fait que ni le *Ps. resinovorans* ni le *F. resinovorum* ne soient capables d'assimiler le pentaérythritol pourrait rendre compte de l'impossibilité qu'il y a de cultiver ces germes sur les esters résiniques de ce polyalcool. D'autres échecs sont plus surprenants : par exemple, le *F. resinovorum* croît abondamment sur glycérol et, évidemment, sur acide abiétique; or il ne pousse pas sur triabiétate de



Extension des zones de lyse dues au développement du *Ps. resinovorans* sur un milieu gélosé à la colophane de Pin d'Alep, en tubes inclinés. (1, milieu neuf; 2, après 15 jours; 3, après 45 jours.)

glycérol. Pourtant nous avons constaté que les catalyseurs mis en œuvre pour la fabrication de cette résine ne gênent en rien le développement de la Bactérie.

e. Résines abiétomaléiques. — Aucune culture n'a pu être obtenue sur les milieux où le carbone était fourni sous forme de résines abiétomaléiques. Les tentatives d'adaptation ont toutes échoué. D'ailleurs ni le *F. resinovorum* ni le *Ps. resinovorans* n'ont pu utiliser l'acide maléique seul.

f. Résines formophénoliques et *abiétoformophénoliques.* — Les résines formophénoliques (« phénoplastes ») ne sont pas assimilables par nos deux Bactéries. Les résultats obtenus dans le cas des phénoplastes modifiés

par la colophane ont été plus nuancés : avec quelques échantillons nous avons préparé des milieux qui nous ont permis d'observer la formation de colonies, alors que sur les milieux élaborés avec tous les autres produits du même type, il nous a été impossible d'enregistrer le moindre développement, même après de multiples essais d'accoutumance. Parallèlement nous avons constaté que le *Ps. resinovorans* est capable d'utiliser le phénol comme source de carbone, ce qu'est incapable de faire le *F. resinovorum* (9). Enfin, il y a lieu de noter que la proportion d'acide abiétique libre peut atteindre, suivant les échantillons, jusqu'à 90 % du poids des résines phénoplastes modifiées par la colophane. Ces faits nous conduisent à penser que nos germes ne se développent sur ce type de résines qu'aux dépens des acides résiniques libres et dans la limite de leur tolérance aux composés phénoliques.

Il resterait à signaler que l'ambre n'est assimilable par aucun de ces deux microbes.

Tous ces résultats suggèrent que le pouvoir rétinolytique du *F. resinonorum* et du *Ps. resinovorans*, sur des résines artificielles dérivées de la colophane, est surtout lié à la présence danc celles-ci d'une quantité suffisante d'acide abiétique libre ou faiblement modifié : acide dihydroabiétique, acide dimère, résinates métalliques, etc.. Cette remarque rejoint les conclusions que l'un de nous avait déjà dégagées d'études effectuées sur les résines naturelles (3).

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) PH. DASTE, *C. R. Soc. Biol.*, 148, 1954, p. 515.

(2) M. RAYNAUD et PH. DASTE, *Bull. Soc. Fr. Physiol. Végét.*, 6, 1960, p. 89.

(3) PH. DASTE, *Rev. Cytol. et Biol. Végét.*, 19, Suppl. I, 1958, 251 pages.

(4) B. DELAPORTE et PH. DASTE, *Comptes rendus*, 242, 1956, p. 831.

(5) B. DELAPORTE, M. RAYNAUD et PH. DASTE, *Comptes rendus*, 252, 1961, p. 1073.

(6) Échantillons et documentations techniques communiqués par le Laboratoire de Recherches sur les Peintures et Vernis (C. N. R. S.) et par les Sociétés : Bakélite, Dérivés Résiniques et Terpéniques, Reichhold-Beckacite, Rhône-Poulenc, R. V. A. et Sheby.

(7) G. CHAMPETIER et H. RABATE, *Chimie des Peintures, Vernis et Pigments*, Dunod, Paris, 1956.

(8) PH. DASTE, *Comptes rendus*, 246, 1958, p. 2953.

(9) M. RAYNAUD et PH. DASTE, *C. R. Soc. Biol.*, 1962 (sous presse).

(*Laboratoire de Microbiologie et de Biologie végétale, S. P. C. N., Faculté des Sciences, Poitiers.*)

VIROLOGIE. — *Comportement du virus σ de la Drosophile en centrifugation à gradient de densité de saccharose.* Note (*) de Mme Nadine Plus, transmise par M. Pierre-P. Grassé.

La centrifugation courte en gradient de densité de suspensions du virus σ conduit, selon le milieu utilisé, soit à la dispersion des virions soit à la disparition du pouvoir infectieux.

Les diverses tentatives de purification du virus σ se sont heurtées à trois obstacles : la pauvreté des extraits infectieux, la fragilité du virus et l'hétérogénéité apparente des particules virulentes. La présente Note traite de la perte du pouvoir infectieux et de la dispersion du virus observées au cours des centrifugations en gradient de densité de saccharose.

Les suspensions virales utilisées pour ces centrifugations sont, tout d'abord, des extraits bruts, centrifugés à 3 000 t/mn pendant 15 mn, préparés à partir des liquides d'extraction suivants :

a. Ringer pour Insectes, simplifié, comprenant du ClNa 0,125 M, du ClK 0,005 M et du Cl_2Ca 0,002 M;

b. Ringer simplifié additionné d'un détergent, « l'Igepon-T », à 0,5 ‰;

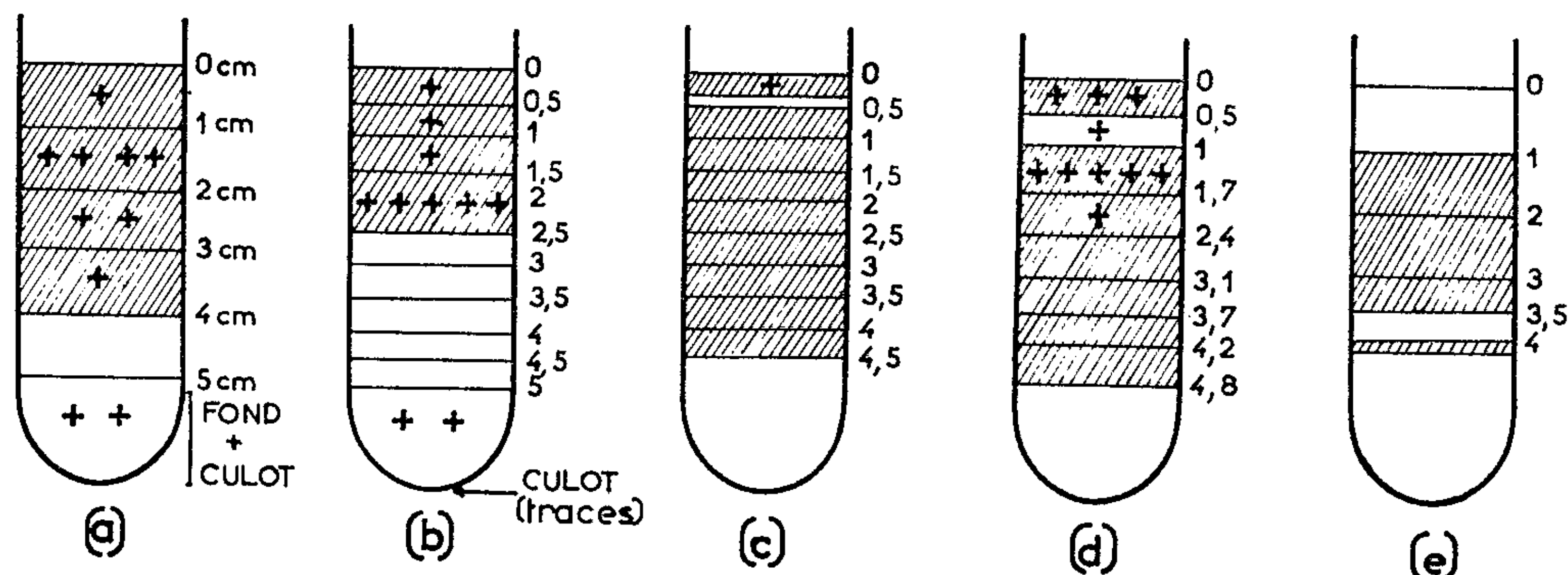
c. Ringer deux fois plus concentré, contenant donc du ClNa 0,25 M;

d. saccharose 0,25 M dans de l'eau bidistillée, tamponné à pH 7,6 par 1,25 % de tampon TRIS 0,05 M.

Ces différents milieux permettent d'extraire le virus avec la même efficacité. Cependant, seuls les deux derniers, *c* et *d*, de molarité 0,25, contiennent des virions récupérables après centrifugation au culot (Plus, 1960) ([1]). Avec les deux premiers, *a* et *b*, par contre, la sédimentation entraîne la perte de 99 % du titre. Outre les quatre extraits bruts précités, une suspension de virus dans le saccharose 0,25 M, déjà purifiée par centrifugation différentielle (extrait *e*) a été utilisée pour les centrifugations à gradient de densité. Celles-ci ont été réalisées selon la technique de Brakke (1951) ([2]). Un millilitre de l'extrait infectieux est déposé à la surface d'un tube de lustéroïd (tube pour rotor SW 25 de l'ultracentrifugeuse Spinco) contenant 28 ml d'une solution de saccharose présentant un gradient continu de concentration allant de 0 %, à la surface, à 60 %, au fond. Les trois tubes du rotor SW 25 sont alors centrifugés horizontalement 30 mn à 23 000 t/mn (environ 53 000 g). Les différents extraits infectieux ont été traités au cours d'expériences indépendantes, mais des essais préliminaires ont montré que ces centrifugations donnent des résultats parfaitement reproductibles. Après centrifugation, des échantillons sont prélevés à différents niveaux du tube, dialysés 24 h contre du milieu de Ringer et injectés à des lots de Drosophiles utilisées pour le dosage biologique du virus (Plus, 1954) ([3]). Le diagramme ci-contre montre la répartition des impuretés et du pouvoir infectieux

dans les différents tubes après centrifugation. Le tube (*e*) ne contient plus de virion et le tube (*c*) n'en présente que des traces à la surface. Quant aux autres tubes, ils contiennent la totalité des virions introduits, mais répartis en plusieurs zones inégalement infectieuses. Cette dispersion du virus, comme celle des impuretés, diffère selon les cas; la situation la moins défavorable pour la purification du virus paraît être réalisée avec l'extrait (*d*). Dans ce cas, en effet, le virus est concentré dans une zone relativement étroite alors que les impuretés sont largement dispersées.

Les particules infectieuses du virus σ présentent donc, apparemment, une vitesse de sédimentation très hétérogène. Or, cette hétérogénéité n'est pas génétique. Dans une expérience du type (*a*), en effet, la zone



Répartition des impuretés et du pouvoir infectieux après centrifugation de 1 ml de différents extraits virulents déposés à la surface d'un tube à gradient de densité de saccharose.

Tube (*a*) : Extrait préparé au milieu de Ringer, saccharose du gradient dissous dans le milieu de Ringer.

» (*b*) Extrait préparé au milieu de Ringer + 0,05 % de détergent, saccharose du gradient dissous dans le milieu de Ringer.

» (*c*) Extrait préparé au Cl Na 0,25 M, saccharose du gradient dissous dans le saccharose 0,25 M.

» (*d*) Extrait préparé au saccharose 0,25 M tamponné, saccharose du gradient dissous dans le saccharose 0,25 M.

» (*e*) Extrait purifié par centrifugation différentielle dans le saccharose 0,25 M, saccharose du gradient dissous dans le saccharose 0,25 M.

Ces tubes présentent un gradient de saccharose de 0 à 60 % et sont centrifugés 30 mn à 53 000 g.

Chaque + représente 1/10e du nombre d'unités infectantes contenues dans 1 ml d'extrait initial.

à 4 + a été prélevée et a servi à inoculer des Mouches. Celles-ci utilisées ensuite comme source de virus ont permis de préparer un extrait qui, après centrifugation, a conduit à la même dispersion. L'hypothèse proposée par l'auteur est que la partie la plus importante de cette hétérogénéité ne se situe pas au niveau de la structure des virions. Elle proviendrait de l'association de ceux-ci avec divers constituants cellulaires, les modalités de cette association variant avec le milieu d'extraction. Une association

de ce type est connue dans le cas des virus oncogènes qui sont expulsés des cellules à l'intérieur d'une membrane formée d'un morceau de la membrane plasmatique (Bernhard, 1958) (4).

Quant à la disparition du pouvoir infectieux notée après centrifugation des extraits (*c*), préparé au ClNa 0,25 M, et (*e*), purifié par centrifugation différentielle dans le saccharose 0,25 M, elle provient d'une action destructrice du sucre concentré. Il a été vérifié directement qu'une solution de saccharose à 40 %, même ajoutée progressivement, faisait disparaître le pouvoir infectieux de telles suspensions. Il ne s'agit pas là d'un simple choc osmotique, car dans les mêmes conditions l'addition d'une solution de ClNa saturée est sans effet. J'ajouterai que la même disparition du pouvoir infectieux s'observe lors de la centrifugation à l'équilibre de la zone à 5 + des tubes (*b*) et (*d*).

Il semble donc que la technique de centrifugation en gradient de densité de saccharose soit difficilement utilisable pour la purification du virus σ en raison des deux propriétés décrites ci-dessus : dispersion du titre et inactivation par le sucre concentré.

(*) Séance du 19 novembre 1962.

(1) N. Plus, *Comptes rendus*, 251, 1960, p. 1685.
(2) M. K. Brakke, *Virology*, 6, 1958, p. 96.
(3) N. Plus, *Bull. Biol. Fr. Belg.*, 88, 1954, p. 248.
(4) W. Bernhard, *Cancer Res.*, 18, 1958, p. 491.

(Laboratoire de Génétique des virus du C.N.R.S., Gif-sur-Yvette, Seine-et-Oise.)

PATHOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Production d'ulcérations gastriques chez le Porc.* Note (*) de MM. **Henri Le Bars, Jules Tournut** et **Henri Calvet**, présentée par M. Clément Bressou.

On sait que l'immobilisation complète du Rat entraîne, dans environ 85 % des cas, l'apparition d'ulcérations gastriques [(1), (2)]. Nous nous sommes demandés si le Porc réagissait de la même manière et si la contention imposée aux animaux durant leur transport des centres d'élevage aux centres d'engraissement ne pouvait être à l'origine des troubles digestifs qui se manifestent souvent au cours de la première semaine qui suit le voyage des animaux. Notre but était donc d'étudier les effets d'une contrainte de 24 h sur l'intégrité du tube digestif.

Technique expérimentale. — Les essais ont été réalisés sur 16 porcelets pesant de 29 à 45 kg; 9 étaient à jeun lors de la mise en contention, 2 n'étaient pas à jeun, et, d'autre part, 5 ont été laissés ensuite en liberté pendant 24 h.

Les animaux ont été immobilisés de la façon suivante : Un corset est confectionné avec six barres de bois disposées longitudinalement le long du corps et dépassant la tête et la croupe du sujet. Ces barres sont réunies entre elles, autour du corps de l'animal, par cinq bandes métalliques du type « feuillard » servant au cerclage des petits colis. Du carton ondulé et du coton cardé sont placés aux points de friction pour éviter les blessures provoquées par l'appareillage.

Les membres antérieurs et postérieurs sont réunis deux par deux et l'animal est suspendu horizontalement. Au cours de la période de contention (24 h) chaque porcelet reçoit, toutes les 6 h, une injection sous-cutanée de 100 à 150 ml de solution de Tyrode.

Onze animaux ont été sacrifiés au terme de ces 24 h de contrainte et cinq ont été laissés en liberté pendant les 24 h suivantes puis abattus. Dans tous les cas, la mort est obtenue par saignée, l'animal étant préalablement anesthésié par injection intraveineuse d'une solution de chloralose-uréthane.

Résultats obtenus. — Les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

L'examen de ce tableau montre que les animaux ont perdu en moyenne 2 kg en 24 h. Le fait le plus net est que sur les 16 porcelets utilisés, 14 ont présenté des ulcérations gastriques. Les deux animaux n'ayant pas d'ulcères (n° 2 et 2 *bis*) étaient mal immobilisés. Les ulcères sont localisés au niveau des plis de la muqueuse, soit à la base, soit au sommet. L'importance des lésions est accrue chez les animaux non à jeun et l'on note en plus une congestion hémorragique de la muqueuse.

Chez les animaux laissés 24 h en liberté après la contrainte, on observe soit des ulcères hémorragiques, soit des ulcères en voie de cicatrisation.

N°	Poids (kg). à la mise en contrainte.	après la contrainte.	après 24 h de liberté.	Lésions du tube digestif. Estomac. Congestion.	Ulcères.	Hémorragies.	Duodénum.	Jéjunum.	Iléon.	Valvule iléo-cæcale.	Cæcum.	Colon.	Rectum.
1. *Animaux à jeun.*													
1 (femelle)...	42	–	–	+++	Début ulcération	O	O	O	C +	LA	C +++	C +	C +
2 (mâle)....	45	–	–	+	O	O	O	O	O	O	O	O	O
2*bis* (mâle)...	45	–	–	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
3 (femelle)...	37	–	–	+++	+++ UH	O	O	O	O	LA	O	O	O
5 (femelle)...	29	27	–	+++	+++ UH	O	C +	O	O	LA	C +	C +	O
6 (femelle)...	32	30	–	+++	+++ UH	O	C ++	O	O	O	O	C ++	O
7 (femelle)...	25,5	24	–	+++	+++ UH	O	O	O	O	O	C +	O	C +
8 (femelle)...	33	31	–	++	++ UH	O	O	O	O	O	O	O	O
9 (femelle)(*).	25	23	–	++	+++ UH	O	O	O	O	O	O	O	O
2. *Animaux non à jeun.*													
14 (femelle)...	36	33,7	–	+++	+ UH	+++	C ++	C ++	C ++	LA	C ++	C +++	C ++
15 (femelle)...	30	28	–	+++	+ UH	++	O	O	O	O	O	C +	O
3. 24 h *de contrainte et* 24 h *de liberté.*													
4 (femelle)...	32	–	–	O	+ UC	O	C +	O	O	O	C +	O	O
10 (femelle)...	31	29	31	O	++ UC	O	O	O	O	O	O	O	O
11 (femelle)...	29	28	29	+	++ UC	O	O	O	O	O	O	C +	O
12 (femelle)...	29	27,5	26	+++	+++ UH	O	O	O	O	O	O	O	O
13 (femelle)...	31	29	29	+++	+++ UH	O	C +	O	O	O	O	C +	O

C +, congestion légère; C ++, congestion nette; C +++, congestion intense; LA, lésions anciennes; UH, ulcères hémorragiques; UC, ulcères en voie de cicatrisation; O, pas de lésions macroscopiques.

(*) Porc n° 9 : 36 h de contention.

Les lésions intestinales sont variables suivant les animaux mais elles sont toujours plus marquées au niveau du gros intestin : colon et rectum.

L'immobilisation pendant 24 h provoque donc, chez le Porc, comme chez le Rat, l'ulcération gastrique. Par conséquent un facteur externe, comme par exemple de mauvaises conditions de transport, peut intervenir dans l'étiologie de la gastro-entérite hémorragique de cet animal.

(*) Séance du 5 décembre 1962.

(1) G. Rossi, S. Bonfils, F. Lieffogh et A. Lambling, *C. R. Soc. Biol.*, 150, 1956, p. 2124-2126.

(2) S. Bonfils, M. Dubrasquet et A. Lambling, *Thérapie*, 15, 1960, p. 1096-1110.

(*École Nationale Vétérinaire de Toulouse,*
Laboratoire de Physiologie et *Laboratoire de Pathologie médicale du Bétail.*)

A 15 h 45 mn l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16 h 10 mn.

L. B.

ERRATUMS.

—

(*Comptes rendus* du 12 novembre 1962.)

Note présentée le 22 octobre 1962, de MM. *Edgard Elbaz* et *Joseph Lafoucrière*, Résultats de calculs de distribution angulaire sans ondes distordues sur le silicium 29 :

Page 2593, 20e ligne, *au lieu de*

$$\sigma_D = V_0^2 T_0^2, \qquad \sigma_R = 2 V_0 T_0 \mathcal{V}_0 W_{00}, \qquad \sigma_C = \mathcal{V}_0^2 W_{00}^2,$$

lire

$$\sigma_D = U_0^2 T_0^2, \qquad \sigma = 2 U_0 T_0 \mathcal{V}_0 W_{00}, \qquad \sigma_C = \mathcal{V}_0^2 W_{00}^2.$$

(*Comptes rendus* du 26 novembre 1962.)

Note présentée le 19 novembre 1962, intitulée : Spectre d'un oscillateur Maser; relation avec la théorie des antooscillateurs non linéaires classiques :

Page 2929, *au lieu de* Note de M. *Augustin Blaquière, lire* Note de MM. *Augustin Blaquière* et *Pierre Grivet.*

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances d'octobre 1962.

(*Suite et fin.*)

Academia republicii populare romîne. *Fauna republicii populare romîne. Mollusca.* Vol. III, fasc. 3. *Bivalvia* (S. C. O. I. C. I.), de Alexandru V. Grossu. *Insecta.* Vol. VIII, fasc. 3. *Homoptera psylloïdea*, de Ecaterina Dobreanu si Constantin Manolache. Bucarest, 2 vol. 24,5 cm.

Patologia chirurgicalà a animalelor domestice, de O. Vládutiu. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 30 cm.

Afazia si sindroamele corelate în procesele expansive intracraniene, de M. I. Botez. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24 cm.

Studii si cercetàri de istoria medicinii si farmaciei din R. P. R., de Samiul Izsak. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 20,5 cm.

Encefalite virotice umane, de St. Draganescu, N. Draganescu, Ar. Petrescu. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24,5 cm.

Anemiile hemolitice la copii, de I. Nicolau, si Gh. Goldis. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24 cm.

Turbarea, de St. A. Nicolau, N. M. Constantinescu, N. Cajal. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24,5 cm.

Analiza preparatelor fitofarmaceutice, de Sever Petrascu, Elvira Grou, Alexandru Polizu, Margareta Baltac, Gabriela Balif, Maria Ilie. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24 cm.

Cercetàri asupra biologiei izvoarelor si apelor freatice din partea centralà a cîmpiei romîne, de C. Motas, L. Botosaneanu, St. Negrea. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24 cm.

Determinator al mustelor sinantrope din R. P. R., de Ecaterina Dobreanu, Aurelia Berteanu, si Adriana Dumitreásá. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24 cm.

Procese electronice în dispozitine semiconductoare de circuit, de M. Drágánescu. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24 cm.

Fundamentele mecanicii, de Z. Gabos, D. Mangeron, I. Stan. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24 cm.

Dialectica cunoasterii stiintifice. Studii. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 20,5 cm.

Colectia *Teoria probabilitatilor*, III. *Numere si sistemè aleatoare*, de Octav Onicescu. Bucuresti, Editura Academiei republicii populare romîne, 1962; 1 vol. 24 cm.

Christian Champy 1885-1962, par P. GLEY. Extrait de *La Presse médicale*, nº 34, 70e année. Paris, Masson, 1962; 1 fasc. 24 cm.

La vie et l'œuvre d'Étienne Geoffroy Saint-Hilaire, par THÉOPHILE CAHN. Paris, Presses universitaires de France, 1962; 1 vol. 23 cm (présenté par M. Robert Courrier).

Colloques internationaux du Centre national de la Recherche scientifique, nº 109. *Les ondes de détonation*. Gif-sur-Yvette, 28 août-2 septembre 1961. Paris, Éditions du C. N. R. S., 1962; 1 vol. 28 cm (présenté par M. Gustave Ribaud).

Comptes rendus du Cinquième congrès international de mécanique des sols et des travaux de fondations. Vol. I. Division 1-3 A. Vol. II. Division 3 B-7. Vol. III. *Déroulement du Congrès et discussions*. Paris, du 17 au 22 juillet 1961. Paris, Dunod, 1962; 3 vol. 28 cm (présenté par M. Albert Caquot).

Annales de géophysique, tome 18, nos 1 et 2, 1962 : *Radio-Echo observations of the aurora in Terre Adélie*. II : *The Fading characteristics of the radio-echoes and their frequency of occurence as a function of range, amplitude, height and the aspect effect*, by K. BULLOUGH. III : *The association with high latitude geomagnetic agitation and the dependence of radio-echo occurence on solar declination and zenith angle*, by K. BULLOUGH; 2 tirages à part, 27 cm.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'air. Notes techniques. *Séminaire de plasticité* (École polytechnique, 1961), par JEAN MANDEL, R. EPAIN, J. LUBLINER, F. PARSY, D. RADENKOVIC. Paris, Service de documentation et d'information technique de l'aéronautique, 1962; 1 vol. 27 cm.

Cours de mécanique. Tomes 1 et 2, par JEAN MANDEL. Paris, École polytechnique, 1961; 2 vol. 28 cm (multicopiés).

Biblioteca Academiei republicii populare romîne. *Repertoriul general al periodicelor stiintifice si tehnice straine aflate in principalele biblioteci din R. P. R.* V. *Chimie*. Bucuresti, 1961; 1 vol. 29 cm.

Physique solaire et Géophysique, par ALEXANDRE DAUVILLIER. Paris, Masson, 1962; 1 vol. 25 cm.

Unités de mesure. Tables de coefficients de conversion. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 fasc. 22 cm.

L'origine de la vie. Quelques aspects du problème, par MARCEL FLORKIN. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 24 cm.

Climatologie. Méthodes et pratiques, par H. GRISOLLET, B. GUILMET et R. ARLÉRY, in *Monographies de météorologie*. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 24 cm.

Traité du calcul des probabilités et de ses applications. Tome II. *Les applications de la théorie des probabilités aux sciences mathématiques et aux sciences physiques*. Fasc. V. *Mécanique statistique quantique*, par FRANCIS PERRIN. Deuxième édition révisée. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 24 cm.

Œuvres de Camille Jordan, publiées sous la direction de GASTON JULIA, par JEAN DIEUDONNÉ. Tome III. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 24 cm.

Premier Ministre. Commissariat à l'énergie atomique. *Contribution à l'étude de la microstructure du bioxyde d'uranium*, par ALEXANDRE PORNEUF. Thèse. Rapport C. E. A., nº 2 104. *Contribution à l'étude des lacunes dans l'argent et l'uranium*, par YVES QUÉRÉ. Thèse. Rapport C. E. A., nº 2 116. Gif-sur-Yvette, Centre d'études nucléaires de Saclay, 1962; 2 fasc. 27 cm.

Acta universitatis upsaliensis. 16. *Atomic beam investigations of radioactive polonium, bismuth, thallium and tellurium isotopes*, by SIGVARD AXENSTEN. Thèse. Uppsala, 1962; 1 fasc. 24 cm.

Nitrogen fixation by organic matter in Soil improvement, by NIL RATAN DHAR. Université de Allahabad, s. d.; 1 extrait 24,5 cm.

Minéralogie de la France et de ses anciens territoires d'Outre-Mer. Description physique et chimique des minéraux. Étude des conditions géologiques de leurs gisements. Tome deuxième, par ALFRED LACROIX. Nouveau tirage. Paris, Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, 1962; 1 vol. 25 cm.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE NOVEMBRE 1962.

La découverte de la baie Marguerite (Antarctique), par JULES ROUCH. Extrait de la *Revue hydrographique internationale*. Vol. XXXIX, nº 2, juillet 1962; 2 fasc. 27 cm (1 fasc. en langue française, 1 fasc. en langue anglaise).

Fédération internationale de laiterie 1962. *Bulletin annuel*. Part. II. *Valeur nutritive du lait et des produits laitiers*. Rapport général sur les journées d'études de la FIL à Båstad, Suède, 4-6 septembre 1961. Bruxelles, Secrétariat général; 1 vol. 24 cm.

Jachbuch der Akademie der wissenschaften in Göttingen, 1960 : *Abwehrreaktionen der Pflanzen gegen ihre Krankheitserreger*, von ERNST GÄUMANN. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht; 1 fasc. 24 cm.

Phytopathologische zeitschrift, Band 40, Heft 1, 1960 : *Zur phytotoxischen Wirksamkeit der Enniatine*, von ERNST GÄUMANN, STEPHI NAEF-ROTH und HEINZ KERN; Heft 3, 1961 : *Zur Bildung eines mazerierenden Fermentes durch* Dathidea ribesia *Fr.*, von STEPHI NAEF-ROTH, ERNST GÄUMANN und P. ALBERSHEIM; Band 41, Heft 1, 1961 : *Ueber die Wurzelpilze von* Loroglossum hircinum (*L.*) *Rich.*, von ERNST GÄUMANN, E. MÜLLER, J. NÜESCH und R. H. RIMPAU. Berlin und Hamburg, Verlag Paul Parey; 3 fasc. 24,5 cm.

Formation du squelette des membres, par GEORGES OLIVIER. Paris, Vigot frères, 1962; 1 vol. 24,5 cm (présenté par M. Jean Piveteau).

Acides aliphatiques substitués à activité hypocholestérolémiante, par ÉTIENNE SZARVASI et LILIANE NEUVY. Extrait du *Bulletin de la Société chimique de France*, 1962, p. 1343; 1 fasc. 27 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo et du Rwanda. Exploration du parc national de l'Upemba. Mission G. F. de Witte. Fasc. 44. *Attelabidæ, Apionidæ, Curculionidæ* (*Coleoptera Rhynchophora*), von EDUARD VOSS. Bruxelles, 1962; 1 vol. 28 cm.

Institut des Parcs nationaux du Congo et du Ruanda-Urundi. Exploration du parc national de la Garamba. Mission H. de Saeger. Fasc. 26. *Aderidæ* (*Coleoptera heteromeroidea*), por LUIS BAGUENA. Fasc. 27. *Tachinidæ*. I. (*Diptera brachycera*), par JEAN VERBEKE. Fasc. 28. 1. *Lophopidæ*, par HENRI SYNAVE. 2. *Nepidæ*, par RAYMOND POISSON. 3. *Aphididæ*, par V. F. EASTOP. Fasc. 29. *Carabidæ*. I. (*Coleoptera adephaga*), par PIERRE BASILEWSKY. Bruxelles, 1962; 4 vol. 28 cm.

Communauté européenne de l'énergie atomique Euratom. La Commission. *Discours de M. E. M. J. A. Sassen membre de la Commission devant le Parlement européen et l'Assemblée consultative du Conseil de l'Europe. Neuvième réunion jointe. Strasbourg, 17 septembre* 1962; 1 fasc. 21 cm.

Physique des explosifs solides, par J. BERGER, J. VIARD. Préface de YVES ROCARD. Paris, Dunod, 1962; 1 vol. 25 cm.

Contribution au développement de la recherche chimique. Tome II. *Dictionnaire chimique anglais-français. Mots et locutions fréquemment rencontrés dans les textes anglais et américains*, par RAYMOND CORNUBERT. Paris, Dunod, 1962; 1 vol. 24 cm.

La vie et l'œuvre de Louis Gentil (1868-1925), par JACQUES BOURCART. Extrait du *Bulletin de la Société géologique de France*, 7e série, tome III, 1961; 1 extrait 27 cm.

La télémécanique électrique. *Le contacteur et ses applications*, par EUGENE HARRY THOMPSON. Nouvelle édition. Imprimerie télémécanique, s. d.; 1 fasc. 27 cm.

Id. *La commande des moteurs électriques et son application aux engins de levage*, par MARCEL BIZOT. Nanterre, Éditions Sodina, 1961; 1 vol. 27,5 cm.

Deutsch geodätische Kommission bei der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. *Literatur über das Europäische Gravimeter-Eichsystem* herausgegeben, von M. KNEISSL. München, 1962; 1 fasc. 29,5 cm.

Rost Rastenii (Croissance des végétaux), par S. O. GREBINSKIÏ. Lwov, Publications de l'Université, 1961; 1 vol. 22,5 cm.

Faculté des sciences de Paris. Séminaire Delange-Pisot. 1re année : 1959-1960. *Théorie des nombres*. Séminaire de Théorie du potentiel dirigé par Marcel Br lot, Gustave Choquet et J. Deny. 6e année : 1961-1962. Fasc. 1 (*Exposés* 1 à 5) et Fasc. 2 (*Exposés* 6 à 13 *bis*). Séminaire d'analyse dirigé par Pierre Lelong. 4e année : 1962. Séminaire Choquet. 1re année : 1962. *Initiation à l'analyse*. Paris, Secrétariat mathématique, 1962; 5 fasc. 27 cm (multic.).

École normale supérieure. Séminaire Henri Cartan. 13e année: 1960-1961. *Familles d'espaces complexes et fondements de la géométrie analytique*. Fasc. 1 et 2 (*Exposés* 1 à 13 et 14 à 21). Deuxième édition corrigée. Paris, Secrétariat mathématique, 1962; 2 fasc. 27 cm (multic.).

Jubilé scientifique du Professeur Paul Pascal. Paris, Masson, 1962; 1 fasc. 23 cm.

Geographica no 37. *Säfsnäsbrukens arbetskraft och försörjning* 1600-1865. Studier i en mellansvensk bruksbygd mit deutscher zusammenfassung, av SIGVARD MONTELIUS. Thèse. Falun 1962; 1 vol. 25 cm.

Entomologia médica. 1o volume. Parte general. *Diptera, Anophelini*, por OSWALDO PAULO FORATTINI. Sao Paulo, Faculdade de higiene e saúde pública, 1962; 1 vol. 23cm.

Acta universistatis upsaliensis. 17. *Studies of atomic Level energies and Auger spectra*, by OLLE HÖRNFELDT. Thèse, Uppsala, 1962; 1 fasc. 24 cm.

Province de Québec, Canada. Ministère des richesses naturelles. *Effets des hétérogénéités en fluorescence des rayons X*, par FERNAND CLAISSE et CLAUDE SAMSON. Québec, 1962; 1 fasc. 27,5 cm.

Luis Daniel Beauperthuy, par JOSÉ MARIA LLAPIS, in *El Farol*, septembre-octobre 1962, año XXIV, Caracas; 1 fasc. 31 cm.

Revista de la sociedad venezolana de historia de la medicina, no 22, vol. VIII, 1960. *Mas sobre Beauperthuy*, par ROSARIO B. DE BENEDETTI, Caracas; 1 vol. 22,5 cm.

Monographies de physiologie causale. Vol. II. *Vasodilatateurs coronariens*, par R. CHARLIER. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 24 cm.

Collection de mathématiques économiques. Fasc. 1. *Monographie des treillis et algèbre de Boole*, par MICHEL CARVALLO. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 24 cm.

Étude critique du système métrique, par MAURICE DANLOUX DUMESNILS. Paris, Gauthier-Villars, 1962; 1 vol. 25 cm.

Livre à la mémoire du professeur Paul Fallot consacré à l'évolution paléogéographique et structurale des domaines méditerranéens et alpins d'Europe. Ouvrage mis au point par MICHEL DURAND DELGA. Tome I. Paris, Société géologique de France, 1960-1962; 1 vol. 27 cm.

Cinquantenaire de l'Institut international de Chimie fondé par Ernest Solvay, 1913-1963. Bruxelles, Institut international de chimie Solvay, s. d.; 1 vol. 30 cm.

Untersuchungen über die Achromasie moderner Theodolitfernrohre und ihren Einfluss auf die zielgenauigkeit, von KARL-ERNST NIGGE. Thèse. Aachen, 1962; 1 vol. 30 cm (multic.).

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE DÉCEMBRE 1962.

L'humanisme scientifique de demain. *Les grands courants de la pensée mathématique,* par FRANÇOIS LE LIONNAIS. Nouvelle édition augmentée. Paris, Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, 1962; 1 vol. 25 cm.

Connaissance des temps ou des mouvements célestes pour l'an 1963 *à l'usage des astronomes et des navigateurs,* publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars; 1 vol. 24 cm (présenté par M. Louis de Broglie).

Électronique physique des semi-conducteurs, par A. PETITCLERC. Préface de L. DE VALROGER. Paris, Gauthier-Villars et Éditions du Tambourinaire, 1962; 1 vol. 24,5 cm.

Sur les problèmes de Cauchy hyperboliques bien posés, par PHILIPPE-AUGUSTE DIONNE. Thèse. Jérusalem, Journal d'analyse mathématique, 1962-1963; 1 fasc. 26 cm.

Étude des circuits électriques. Tome I. *Méthodes générales d'analyse,* par JEAN LAGASSE. Préface par LÉOPOLD ESCANDE. Paris, Éditions Eyrolles, 1962; 1 vol. 24,5 cm.

Premier Ministre. Commissariat à l'énergie atomique. *Mesure des émetteurs gamma par chambres d'ionisation. Détermination du coefficient spécifique d'émission gamma de quelques radioéléments,* par JACQUES ENGELMANN. Thèse. Rapport C. E. A., n° 2036. *Contribution au calcul des propriétés thermodynamiques des solutions à partir des diagrammes de phases,* par RAOUL HAGEGE. Thèse. Rapport C. E. A., n° 2052. *Étude sur le recuit des défauts introduits dans l'argent par écrouissage,* par F. REGNIER-LEBOUTEUX. Thèse. Rapport C. E. A., n° 2126. *Contribution à l'étude de la structure et des propriétés des gels de silice,* par JACQUES FRAISSARD. Thèse. Rapport C. E. A., n° 2129. *Étude et réalisation d'un générateur électrostatique à très haute stabilité,* par ROBERT E. L. JONCKHEERE. Thèse. Rapport C. E. A., n° 2143. *Contribution à la connaissance géochimique des familles de l'uranium-radium et du thorium dans les Vosges méridionales. Application de certains résultats en prospection des gisements d'uranium,* par GEORGES JURAIN. Thèse. Rapport C. E. A., n° 2154. Gif-sur-Yvette, Centre d'études nucléaires de Saclay, 1962; 6 fasc. 27 cm.

Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'air. Notes techniques. *Stabilité de la combustion vibratoire dans le brûleur à résonance,* par JEAN-CLAUDE LEYER. Préface de NUMA MANSON. Paris, Au service de documentation et d'information technique de l'aéronautique, 1962; 1 fasc. 27 cm.

Lavoisier. The crucial year. The Background and Origin of his first experiments on Combustion in 1772, by HENRY GUERLAC. Ithaca, New York, Cornell University Press, 1961; 1 vol. 22 cm.

Glossary of atomic terms. London, Technical Writers' Section, 1962; 1 fasc. 16 cm.

Académie des sciences de Biélorussie. Institut de construction et architecture. *Aptitude à la construction des sols de moraine*, par EVGENIJA FEDOROVITCH VINOKOUROV. Minsk, 1962; 1 vol. 20 cm (en langue russe).

Id. Institut de physiologie. *Irradiation ionisante et échange de matières*, par L. S. TCHERKASOVA, K. V. FOMITCHENKO, T. M. MIRONOVA, F. D. KOLDOBSKAJA, V. A. KOUKOUCHKINA, V. G. REMBERGER. Minsk, 1962; 1 vol. 20,5 cm (en langue russe).

Id. Institut d'énergétique. *Chaînes électriques à courant continu avec thermistor. Bases de la théorie*, par IVAN FILIPPOVITCH VOLOCHIN. Minsk, 1962; 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

Id. *Automatisation, contrôle et augmentation des qualités économiques des installations énergétiques.* Minsk, 1962; 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

Id. Institut de la conduite des machines. *Sur le rendement des machines automatiques.* Minsk, 1962; 1 vol. 22,5 cm (en langue russe).

Université d'état N. G. Tchernychewski de Saratov. *Université de Saratov* 1909-1959. Saratov, 1959; 1 vol. 26,5 cm (en langue russe).

Extraits des *Ann. Soc. Géologique*, t. LXXXI, 1958 : *Note sur quelques échantillons en bordure de massifs granitiques au Katanga*, par PAUL FOURMARIER; t. LXXXII, 1959 : *Les limons en bordure de la vallée de la Meuse entre Huy et Liège*, par PAUL FOURMARIER; t. LXXXIII, 1960 : *Convient-il de renoncer à la conception classique de la « fenêtre de Theux comme élément structural du socle paléozoïque de la Belgique ? »*, par PAUL FOURMARIER; t. LXXXIII, 1960 : *Particularités de tectonique entre les méridiens de Huy et de Flémalle*, par PAUL FOURMARIER; t. LXXXIV, 1961 : *Sur un échantillon de schiste silurien du Brabant*, par PAUL FOURMARIER; 5 fasc. 24,5 cm.

Extrait du *Bulletin de la Société linéenne de Normandie*, 10e série, 2e vol., 1961 : *Remarques sur la structure du calcaire de la Chaterie (Massif armoricain)*, par PAUL FOURMARIER et F. DORÉ; 1 fasc. 24 cm.

Académie royale de Belgique. Classe des sciences. *Mémoires*, t. XXXIII, fasc. 4 : *Observations complémentaires au sujet de l'influence du granite sur les déformations mineures des roches dans le Massif armoricain*, par PAUL FOURMARIER, CL. PAREYN et FR. DORÉ. Bruxelles, Palais des Académies, 1962; 1 fasc. 25,5 cm.

L'intérêt de l'étude des déformations mineures des roches pour la compréhension de l'évolution des régions plissées, par PAUL FOURMARIER, in *Archives des Sciences*, vol. 14, fasc. 3, 1961. Genève, Imprimerie Albert Kundig, 1962; 1 fasc. 23 cm.

Les déformations mineures des roches (Schistosité, microplissement, foliation) dans les chaînes plissées de la zone méditerranéenne, par PAUL FOURMARIER. Extrait du *Livre à la mémoire du Professeur Paul Fallot consacré à l'évolution paléogéographique et structurale des domaines méditerranéens et alpins d'Europe*, tome 1. Paris, Société géologique de France, 1960-1962; 1 fasc. 27 cm.

Brain and Behaviour in Cephalopods, by M. J. WELLS. Stanford, California University Press, 1962; 1 vol. 20,5 cm.

La visite à l'Académie des Sciences, septembre 1962, par CEMAL ÜNER, in *Mühendis ve Makina*, sayi 64, serre 6, 1962; 1 fasc. 30,5 cm (en langue turque).

Colloques internationaux du Centre National de la Recherche Scientifique : nº 113. *Le bombardement ionique. Théories et applications.* Bellevue, 4-8 décembre 1961. Paris, Éditions du C. N. R. S., 1962; 1 vol. 27,5 cm (présenté par M. Jean-Jacques Trillat).

Collection de Chimie-physique, publiée sous la direction de A. PACAULT. *Éléments de thermodynamique statistique*, par A. PACAULT. Préface de PAUL PASCAL. Paris, Masson, 1963; 1 vol. 24,5 cm.

Chimie minérale théorique et expérimentale. I. *Les bases théoriques de la Chimie. Chimie générale*, par FERNAND GALLAIS. Préface de PAUL PASCAL. Deuxième édition augmentée et entièrement refondue. Paris, Masson, 1963; 1 vol. 24,5 cm.

La mesure et l'étude du dichroïsme circulaire optique, par LÉON VELLUZ, MAURICE LEGRAND et MARC GROSJEAN. Contribution du Centre de recherches Roussel-Uclaf, s. d.; 1 fasc. 27 cm.

Bref aperçu de l'ensemble des titres et travaux scientifiques de LÉON VELLUZ. Paris, 1962; 1 fasc. 27 cm.

Office national d'études et de recherches aéronautiques. Publ. nº 109, 1962. *Fonctions abéliennes d'un groupe kleinéen. Applications à l'aérodynamique*, par ROBERT LEGENDRE; 1 fasc. 27 cm.

Département d'Histoire, Université de Montréal. *La Galissonière et le Canada*, par ROLAND LAMONTAGNE. Préface de LOUIS DE BROGLIE. Montréal, Presses de l'Université, et Paris, Presses universitaires de France, 1962; 1 vol. 22,5 cm.

Georges Guillain (1876-1961), par ROBERT WORMS, Paris, Masson, 1962; 1 fasc. 24 cm.

Météorologie nationale 1958-1959. *Emplacement des stations et des postes du Réseau climatologique national.* Carte à l'échelle au 1/1 500 000ᵉ; 1 pl. 77×71,5 cm.



FIN DU TOME DEUX CENT CINQUANTE CINQUIÈME.

COMPTES RENDUS

DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

TABLES DU TOME 255.

JUILLET-DÉCEMBRE 1962.

I. — PARTIE SCIENTIFIQUE.

Pages.

HISTOIRE DES SCIENCES.

I. — MATHÉMATIQUES PURES ET APPLIQUÉES.

Méthodologie.

Logique mathématique.

Théorie des ensembles.

Théorie des nombres.

Pages.

Algèbre.

Géométrie.

Mécanique des fluides.

Mécanique physique.

IV. — GÉOGRAPHIE ET NAVIGATION.

Géographie.

V. — (A) PHYSIQUE MATHÉMATIQUE ET PHYSIQUE THÉORIQUE.

Physique mathématique.

Relativité.

Physique théorique.

V. — (B) PHYSIQUE PURE ET APPLIQUÉE.

Chaleur.

Thermodynamique.

Physique appliquée.

Acoustique.

Electricité.

VI. — CHIMIE PHYSIQUE, CHIMIE PURE ET APPLIQUÉE.

Chimie physique.

Chimie théorique.

Chimie générale.

Chimie minérale.

VII. — MINÉRALOGIE, GÉOLOGIE, PHYSIQUE DU GLOBE, PALÉONTOLOGIE.

Minéralogie.

Géologie.

Paléontologie.

VIII. — BOTANIQUE ET BIOLOGIE VÉGÉTALE.

Taxinomie végétale.

IX. — ÉCONOMIE RURALE.

X. — ZOOLOGIE, BIOLOGIE ANIMALE.

Génétique.

Pharmacologie.

Microbiologie.

XII. — PATHOLOGIE, MÉDECINE, CHIRURGIE.

Pathologie.

Médecine. Thérapeutique.

Hygiène.

II. — PARTIE ACADÉMIQUE.

Solennités scientifiques.



III. — AUTEURS.

D

Q

U

V

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE DES COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.
Paris. — Quai des Grands-Augustins, 55.

163369-62

Imprimé en France.